

MEMORIAL DE INGENIEROS

1917-1918

ACADEMIC YEAR 1917-1918

1917-1918

ACADEMIC YEAR 1917-1918

ACADEMIC YEAR 1917-1918

ACADEMIC YEAR 1917-1918

ACADEMIC YEAR 1917-1918

1917-1918

1917-1918

1917-1918

1917-1918

1917-1918

MEMORIAL
DE INGENIEROS
DEL EJÉRCITO

COLECCIÓN DE MEMORIAS

QUINTA ÉPOCA.—TOMO XXXIV

(LXXII DE LA PUBLICACIÓN)

Año 1917



MADRID
IMPRESA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS

—
1917

17 30 00 00

20 30 00 00 00

17 30 00 00

17 30 00 00 00

17 30 00 00 00

17 30 00 00 00

17 30 00 00 00

17 30 00 00

17 30 00 00 00

17 30 00 00

17 30 00 00 00

17 30 00 00

INDICE

de las obras sueltas que comprenden las entregas

del

MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

publicadas en el año de 1917.

Ligero bosquejo de las industrias en España en su relación con las necesidades militares, y en particular con las del material de Ingenieros, por el General de División D. JOSÉ MARVÁ.=Consta de 94 páginas.

Teoría y descripción de un diferenciador, por el coronel de Ingenieros DON EDUARDO MIER Y MIURA.=Consta de 70 páginas y 8 grabados intercalados en el texto.

Escuela Práctica del 1.º Regimiento de Zapadores Minadores en 1916.=Consta de 43 páginas y 36 grabados; 6 intercalados en el texto y 30 distribuidos en 5 láminas.

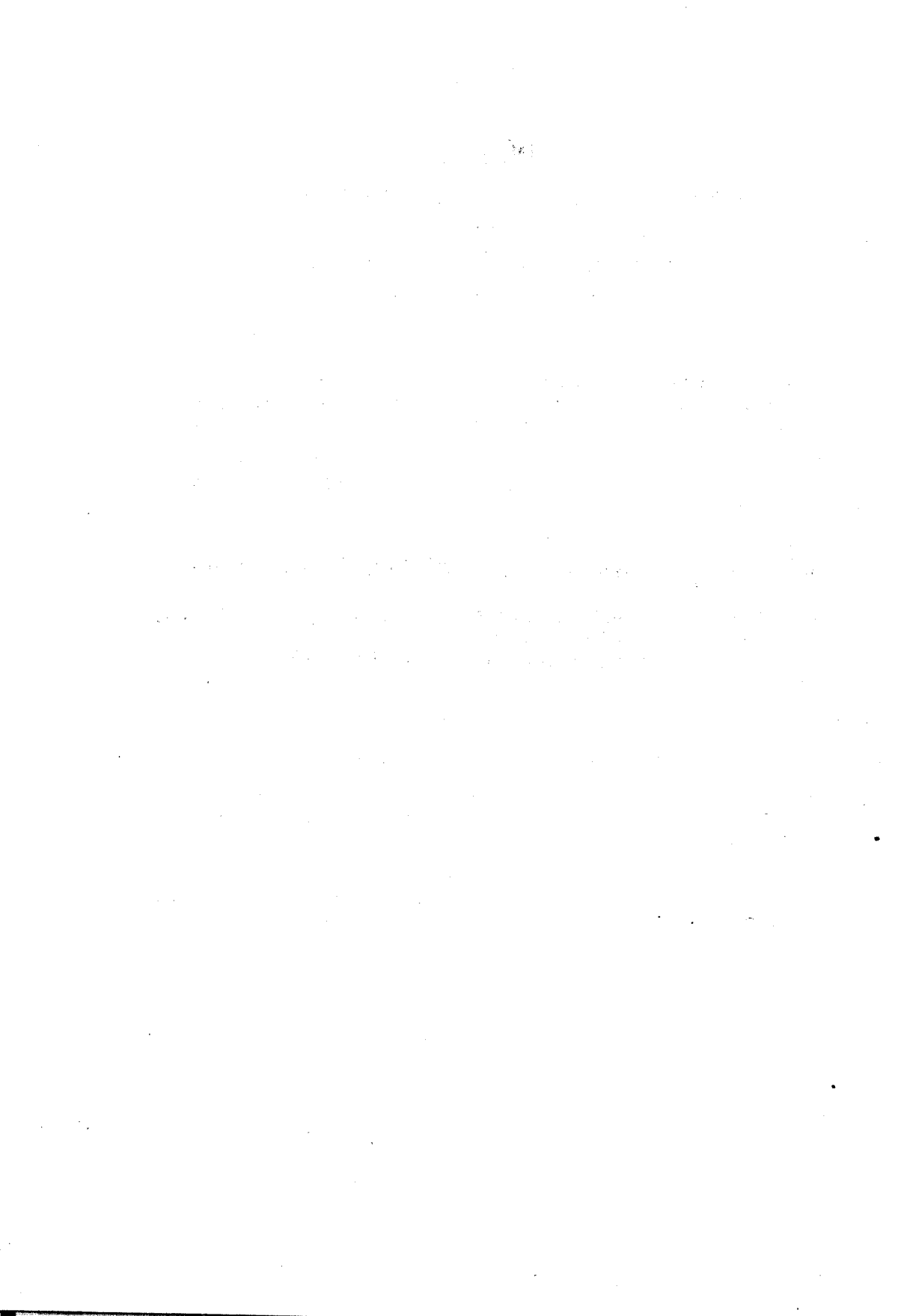
Zumalacárregui. Estudio militar por D. EDUARDO DE MARIÁTEGUI, Coronel de Ejército, Teniente Coronel de Ingenieros.=Consta de 88 páginas.

Parque de Compañía de las tropas de Zapadores minadores.=Consta de 23 páginas y un apéndice.

Flotadores macizos con contrapeso, por el capitán de Ingenieros D. ENRIQUE ROLANDI.=Consta de 15 páginas y 5 grabados intercalados en el texto.

Estudio elemental de la Telegrafía sin hilos, por el capitán de Ingenieros D. VICENTE RODRÍGUEZ.=Consta de 85 páginas y 56 grabados intercalados en el texto.

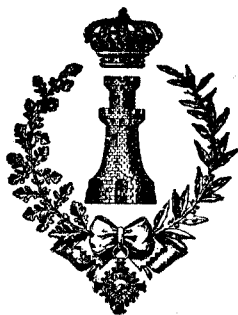
Cálculo aproximado de la cantidad de explosivo necesario para romper un puente en función de la luz, por el General de División D. JOSÉ MARVÁ.=Consta de 46 páginas y 4 grabados intercalados en el texto.



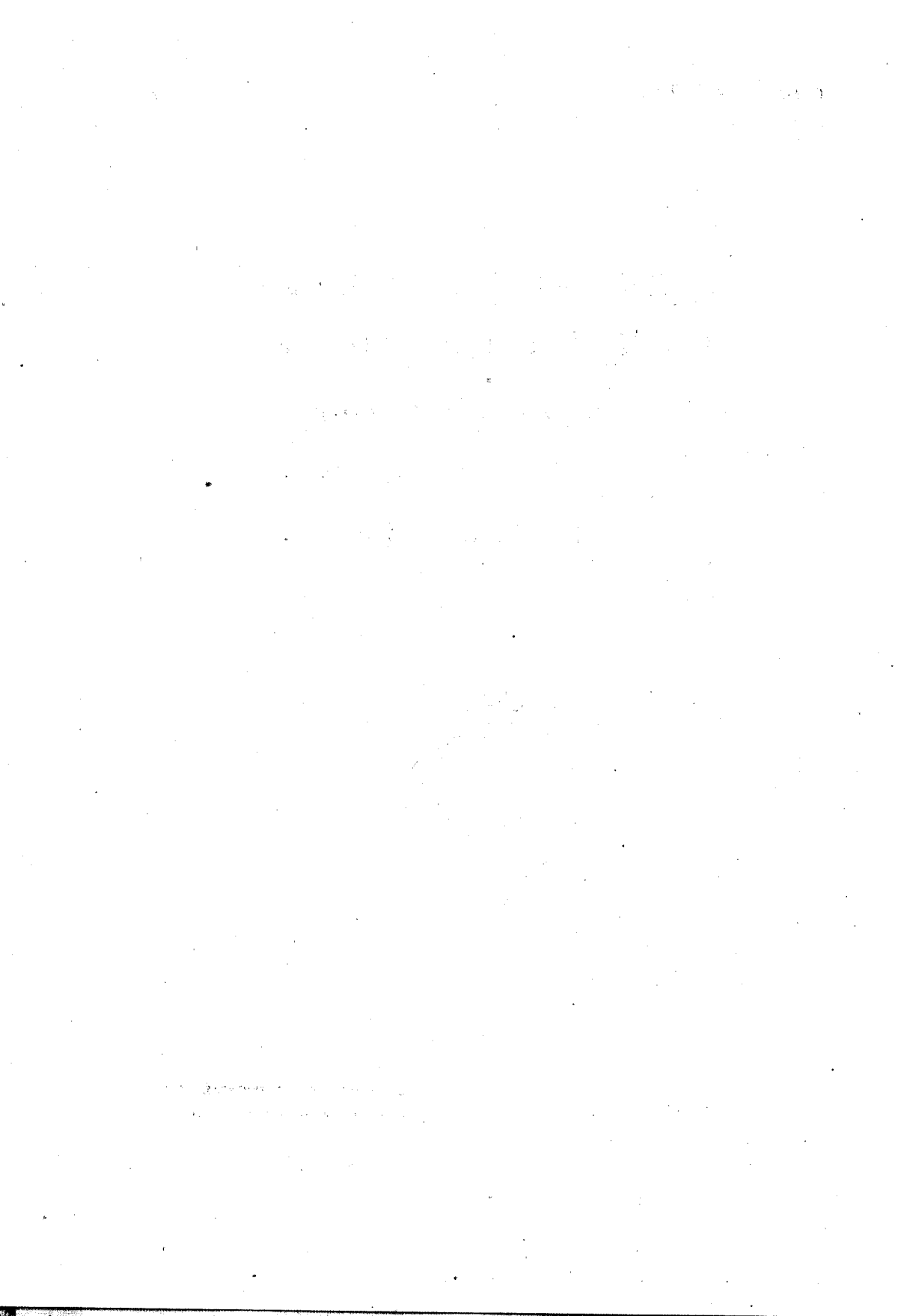
LIGERO BOSQUEJO DE LAS INDUSTRIAS EN ESPAÑA
EN SU RELACION CON LAS NECESIDADES MILITARES

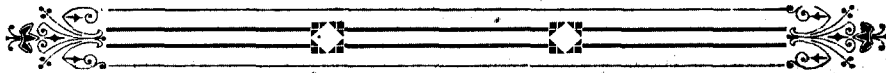
JOSÉ MARVÁ
GENERAL DE DIVISION

LIGERO BOSQUEJO DE LAS INDUSTRIAS
EN ESPAÑA EN SU RELACION CON LAS
NECESIDADES MILITARES, EN GENERAL,
:- Y EN PARTICULAR CON LAS DEL :-
:- MATERIAL DE INGENIEROS :- :-



IMPRESA DEL «MEMORIAL DE
INGENIEROS». - MADRID. 1917.





I

IMPORTANCIA DE LA PREPARACIÓN INDUSTRIAL PARA LA GUERRA

El título que encabeza el modesto trabajo que ofrecemos hoy a los lectores del MEMORIAL es tema cuyo amplio y completo desarrollo daría lugar a gruesos volúmenes, no a este reducido escrito en que se esboza, tan sólo, un programa de clasificación y estadística de las industrias en su estado actual y en el que debiera tener para satisfacer las exigencias de la defensa nacional.

Las enormes cantidades de material que consumen los ejércitos en campaña no pueden ser suministradas solamente por establecimientos fabriles del Estado; porque aun dado caso de que estuvieran capacitados para tan descomunal producción, hipótesis irrealizable, estarían inactivos en tiempo de paz y, además, harían perjudicial competencia a la industria particular.

La guerra de hoy no es la lucha entre ejércitos, sino entre naciones; y hace falta, para sostenerla, toda la industria nacional, disponiéndola y organizándola en la paz para hacer fácil y eficaz su movilización cuando el conflicto bélico estalla. En este punto, nuestra situación es bien lamentable; y el espectáculo y enseñanzas que han dado las naciones beligerantes pone de relieve que somos cautivos de la producción extranjera para satisfacer las necesidades de la guerra, para que los ejércitos de la patria puedan subsistir, maniobrar y combatir; por que es grande nuestra inferioridad de producción de material, y aun la escasa de que podemos disponer está condicionada por capitales extranjeros, dueños y señores de una gran parte de nuestras industrias, cuya marcha y desenvolvimiento regulan a medida de sus intereses, no por las necesidades nacionales.

Las palabras *industria* y *guerra* encierran conceptos íntimamente relacionados. La *industria* es poderoso elemento de vida, de desarrollo económico de un pueblo; hasta el punto de que tragedias sangrientas, como la que presenciamos, reconocen como origen más que antagonismos de raza o de nacionalidad, rivalidades industriales. Y cuando la guerra esta-

lla, se sostiene y lleva a feliz término no solamente por el valor y el heroísmo de los hombres, sino por la potencialidad de las industrias. A tal extremo ha conducido, en el desenlace de los conflictos bélicos, los progresos científicos en sus aplicaciones al arte de matar.

De tal manera es indispensable la industria para alimentar la guerra, que un país de industria anémica puede considerarse irremediablemente vencido, cualquiera que sea el número y la energía moral de sus hijos.

Cada día más, puede afirmarse *si vis pacem para bellum*; y sin olvidar la importancia del factor moral, hoy más influyente tal vez que nunca, dados los poderosos medios de destrucción que se emplean para luchar en la tierra y bajo la tierra, en el aire, en el mar y bajo el mar, cada día es más necesaria, más indispensable la preparación para la guerra.

«De los factores de la guerra, número y preparación,—dice el general Joffre, testigo de mayor excepción—el segundo es esencial. Toda la vida nacional debe contribuir a esa preparación; los elementos materiales, número, armamento, aprovisionamientos, servicios auxiliares de toda especie; los elementos intelectuales, porque sin instrucción científica podrá copiarse lo que hacen los demás, pero caminando siempre a la zaga; los elementos morales y sobre todo el patriotismo, alma de los ejércitos.

»*Estar preparados*; he aquí unas palabras cuyo significado moderno difícilmente comprenderían los que en otros tiempos preparaban y dirigían la guerra. Sería ilusorio contar solamente con varoniles ímpetus populares, aunque superasen en intensidad al de los voluntarios de la Revolución; si no estuviesen sostenidos y secundados por una previa organización.

»Hoy, para considerarse *preparados*, es indispensable haber orientado preliminarmente todos los recursos del país, la inteligencia y la energía moral de sus hijos, hacia el objetivo único: la victoria. Es preciso haber organizado todo, previsto todo; por que una vez comenzadas las hostilidades, cualquiera improvisación es ineficaz; lo que falta, es de temer que siga faltando, y el menor vacío puede conducir a un desastre.»

Difícilmente se podrá exponer más elocuentemente la necesidad de la preparación para la guerra, y en ella la organización de las industrias que la alimentan y sostienen. Recuérdense las dificultades que han tenido que vencer al comienzo de las hostilidades naciones tan industriales como Francia e Inglaterra para *movilizar* sus industrias y el peligro inminente que han corrido, a pesar del auxilio poderoso que para estos menesteres recibieron y reciben, a cambio de miles de dólares, de la industrial y comerciante América del Norte.

Hoy mismo, dice Charles Humbert en *Le Journal*: «De todos los acontecimientos de la guerra ninguno pone tan en evidencia la importancia del material como la campaña actual de Rumania. Hay que proclamar muy alto, por que es la verdad misma, que el verdadero vencedor es el material alemán... La casa Krupp con su ejército industrial y potencialidad de producción ha triunfado en esta ocasión...»

Inútil es insistir en la demostración de verdades reconocidas por todos.

II

ENUMERACIÓN DE LAS INDUSTRIAS RELACIONADAS CON LA GUERRA

Material de guerra en general.—Constituye el material de guerra cuantos objetos y materias son necesarios para que la nación en armas pueda subsistir, moverse y combatir; y por la enorme cifra de combatientes y gran variedad de aplicaciones de las ciencias positivas al arte militar, son proveedoras de ese material numerosas industrias entre las cuales, y como más principales, se cuentan las siguientes:

Minas de combustible e industrias anejas.—De hulla, lignito, antracita, turba, petróleo. Lavaderos de hulla. Fabricación de aglomerados. Coquización.

Minas y preparación de minerales metálicos.—Laboreo en minas de hierro, cobre, plomo, níquel, cromo, tungsteno, vanadio, platino, estaño, mercurio, azufre.

Metalurgia y siderurgia.—*Trabajo del hierro y otros metales.*—1.º Fabricación de los metales. Fabricación del hierro y acero. Altos Hornos, hornos de pudelar, hornos Martín-Siemens, convertidores, laminadores. Fabricación, fundición y laminados de plomo, cobre, cinc, estaño, níquel, cromo, wolfram, etc. 2.º Fabricación de objetos de metal. Armas blancas y de fuego, proyectiles, cuchillería; elementos de construcciones metálicas. Elementos y conjunto de material de transporte; carriles, cojinetes, ruedas, ejes, muelles y demás elementos metálicos de carruajes ordinarios o de vía férrea, de tracción animal o mecánica; locomóviles, locomotoras automóviles e instrumentos de transporte de todas clases. Máquinas y herramientas de todas clases. Clavazón y herrajes. Trefilería para alambres telegráficos, telefónicos, alambradas y telas metálicas, cables metálicos, etc. Cadenas y otros objetos. Construcciones metálicas en general.

Industrias químicas.—Fabricación de éter sulfúrico, de ácidos sulfúrico, nítrico y clorhídrico, de oxígeno, hidrógeno. Productos y subproductos de la destilación de la hulla, fenol, benzol, tolueno, etc. Materias

grasas; glicerina, aceites. Fabricación de pólvoras y explosivos de toda clase, mechas, cápsulas y cebos. Refinerías de azufre y de petróleo. Carburo de calcio. Productos químicos en general.

Industrias eléctricas.—Centrales eléctricas de hulla negra y blanca, Motores, dinamos y maquinaria general eléctrica. Contadores y aparatos de mediciones eléctricas. Pilas, acumuladores, lámparas de incandescencia, arcos voltaicos. Aisladores de porcelana. Ebonita. Carbones eléctricos. Alambres, conductores y cables eléctricos. Talleres electromecánicos. Aparatos y material de toda clase de radiografía, telefonía, telegrafía y radiotelegrafía.

Material de transporte.—Talleres de carros, coches, carrocerías de toda clase. Material fijo y móvil de tranvías, ferrocarriles portátiles y de vía normal. Material de automovilismo: bastidores, motores, neumáticos, llantas, camisas y cubiertas de caucho. Faroles, faros y proyectores de acetileno, petróleo y eléctricos. Fábricas de lubricantes y otros accesorios. Talleres de reparación. Aeroplanos. Astilleros.

Industrias textiles.—*Del vestido y otras.*—Agramado, rastrillado, cardado y, en general, preparación de las materias textiles. Hilados, tejidos, aprestos, tinte y blanqueo de algodón, hilo, lana, lino, cáñamo, yute, ramio, pita. Fábricas de paños, lienzos y lonas, sacos, sombreros, gorras y boinas, etc., géneros de punto, mantas, fajas. Cordelerías. Botonerías. cordonerías y pasamanerías, sastrerías. Esparterías. Alpargaterías.

Industrias de la alimentación.—Trabajos agrícolas. Ganadería, pesca y caza. Fábricas de harinas, de pan y galletas, pastas alimenticias, salazón, conservas, embutidos, cervezas, vinos y licores, azucareras, hielo artificial. En general toda clase de alimentos sólidos y líquidos.

Industrias de la construcción.—*Madera, vidrio y cristal.*—Canteras de arena, grava, balasto, arcilla, kaolín, piedras, de construcción, calizas, yeso, etc. Hornos de cal y yeso. Industrias cerámicas. Fabricación de cementos. Materiales artificiales. Talleres de aserrar y de carpintería mecánica y de taller. Postes para telefonía, telegrafía y conducción de fuerza y luz. Fábricas de vidrio y cristal.

Industrias de cueros y pieles.—Preparación y curtido de cuero y pieles. Enjalmerías, basterías. Guarnicionerías y sillerías. Fábricas de objetos de cuero.

Caucho, papel, cartón, etc.—Caucho natural o sintético. Vulcanización y manufacturado. Lonas impermeables. Artículos de goma y celuloide, etcétera.

Industrias forestales.—

Material de ingenieros.—Todas estas industrias suministran ma-

terial de guerra al Estado, y a una buena parte de ella acude el Cuerpo de Ingenieros para adquirir las primeras materias y los productos manufacturados nacionales que necesita para el desempeño de sus múltiples cometidos.

He aquí por qué interesa al ingeniero el conocimiento del progreso y recursos industriales de las fabricaciones siguientes:

Aceros especiales y al carbono, forjados, modelados, etc.

Acetileno.

Acumuladores eléctricos.

Aisladores de porcelana.

Alambre galvanizado y sin galvanizar.

Alumbrado eléctrico (material de).

Automóviles de todas clases.

Benzol.

Cables de acero, abacá y cáñamo.

Cadenas.

Carburo de calcio.

Calderería (talleres).

Cemento (fábricas).

Clavos, pernos, herrajes varios.

Construcciones mecánicas (talleres).

Contadores eléctricos.

Cuero (artículos de).

Excavadoras.

Explosivos.

Faros y faroles.

Ferrocarriles (material fijo y móvil).

Fundiciones de acero, hierro y otros metales.

Herramientas en general, de todas clases.

Hierros y aceros. Hoja de lata (fábricas).

Lámparas eléctricas.

Lubricantes.

Maderas (obras de).

Materiales de construcción.

Maquinaria (en general necesaria a las industrias).

Maquinaria eléctrica.

Material eléctrico.

Material óptico y topográfico.

Mechas.

Perforadoras.

Productos químicos.

Saneamiento (material de)..

Sondeos (material de).

Talleres mecánicos, metalúrgicos y electromecánicos.

Todas estas fabricaciones intervienen en la construcción del material de ingenieros, a saber:

1. Herramientas de explanación, destrucción, de oficios varios, de ferroviario; fraguas de campaña y toda clase de herramientas y máquinas herramientas propias para los diversos servicios de ingenieros.

Escudos de zapa y trinchera. Excavadoras y perforadoras. Alambreadas y defensas accesorias de todas clases. Herrajes, clavazón y pernos. Jarcia de acero y de cáñamo.

Lonas, yutes, cueros, etc., para sacos terreros, correas, cajas de parque y obra de guarnicionería, etc.

Explosores, aparatos eléctricos varios, cápsulas, mechas, cebos y material vario para la inflamación de cargas.

2. Material del pontonero. Pontones, caballetes, tablero y accesorios.

3. Material fijo y móvil de vía normal y de vía portátil.

Material de puentes desmontables de vía férrea y ordinaria.

Material para puentes del momento para ídem.

Material, herramienta y aparatos para los servicios de vía y obra, tracción y movimiento.

4. Alambre desnudo y cables para minas, telegrafía y otras aplicaciones.

Material y aparatos de telegrafía óptica, eléctrica y radiotelegrafía.

5. Automovilismo rápido y de transporte del material de ingenieros. Bastidores, ruedas, motores, carrocerías.

6. Material, motores, máquinas y aparatos para el servicio aeronáutico, de aviación y de alumbrado de campaña.

7. Carros de todas clases para parques de campaña, de compañía, divisionarios y de Cuerpo de ejército, de zapador, ferroviario, pontonero, telegrafía y radiotelegrafía, aeronáutica y aviación, proyectores, etc.

8. Materiales de construcción para trabajos de castrametación y obras de todo género que han de construirse en campaña.

III

COMBUSTIBLES MINERALES

Hulla, antracita, lignito.—Los combustibles minerales han sido denominados con mucha razón *pan de la industria*, porque sin ellos no puede subsistir la casi totalidad de las industrias. Sin carbón no hay transpor-

tes marítimos ni terrestres, ni el laboreo y beneficio de los minerales, ni el trabajo en toda su extensión de los metales, ni se pueden obtener y preparar un gran número de primeras materias, ni transformarlas para la satisfacción de las modernas necesidades. Y como la guerra se alimenta con todas las industrias, puede decirse que el carbón es el elemento principal de la guerra.

Una nación que carezca de yacimientos carboníferos, si es bloqueada, no podrá sostener la guerra una vez que estén agotadas las reservas de combustibles que su previsión haya almacenado.

La importancia de la riqueza hullera, en la defensa nacional, justifica el que concedamos en este escrito lugar preferente a la producción de los combustibles minerales.

Cuenta España con grandes cuencas carboníferas, incompletamente explotadas hoy, hasta el punto de que el combustible arrancado es inferior, en cerca de tres millones de toneladas, a las necesidades del consumo nacional. Estas necesidades están representadas por la cantidad de unos ocho millones de toneladas, mientras que la producción hasta el año 1915, inclusive, no ha llegado a cinco millones, de modo que somos tributarios del extranjero, casi exclusivamente de Inglaterra, en la importante cantidad de tres millones de toneladas.

En 1915 se extrajeron, según la Estadística Minera de ese año:

Hulla.....	4.135.913 toneladas.
Antracita.....	222.601 »
Lignito.....	328.213 »

o sea un total de 4.686.727 toneladas que, contando con las deficiencias inherentes a toda Estadística, puede elevarse en números redondos a 4.800.000 toneladas.

Por lo que respecta a la hulla, las provincias más productoras por orden de importancia, son:

Oviedo.....	2.697.939 toneladas.
Ciudad Real.....	405.903 »
León.....	317.561 »
Córdoba.....	311.501 »
Sevilla.....	200.000 »
Gerona.....	17.007 »

El primer lugar corresponde a los carbones asturianos, siendo las explotaciones más importantes:

Duro Felguera.....	724.270 toneladas.
Hullera Española.....	441.460 »

Fábrica de Mieres.....	374.570 toneladas.
Hulleras de Turón.....	197.171 >
Felgoroso Hermanos.....	152.378 >

En Ciudad Real se extrajeron más de 400.000 toneladas de hulla en 1915 y se hacen nuevos estudios de la cuenca minera para extender e intensificar la producción. Hoy tiene 13 minas productivas y 77 improductivas. Puertollano es el centro principal de laboreo.

León cuenta con 31 minas de hulla productivas y 407 improductivas.

De las 317.561 toneladas extraídas corresponden:

Hullera Vascoleonesa.....	188.268 toneladas.
Hulleras de Sabero y anexas.....	118.000 >
Ferrocarril de La Robla.....	31.000 >
Minero Anglo-Hispana.....	12.092 >
Varias.....	17.600 >

Córdoba tiene 17 minas productivas y 345 improductivas, Sevilla 2 y 16 respectivamente.

En Palencia, los principales cotos mineros son Barruelo y Orbó. En ellos, como en todos los demás, hay que hacer labores preparatorias para intensificar la producción.

La de la antracita en 1915, fué de 222.621 toneladas. Córdoba y Palencia fueron los principales centros de extracción.

El lignito arrancado en 1915 suma 328.213 toneladas, figurando en primer lugar los excelentes lignitos de la provincia de Teruel, por la cantidad de 121.998 toneladas, siguiendo por orden de importancia Barcelona, con 105.743 toneladas; Zaragoza, con 25.461; Guipúzcoa con 20.630, y con pequeñas cantidades, Baleares, Santander, Valencia y Lérida.

Cok.—Una parte de la hulla arrancada, se transforma en cok, ya como producto secundario en las fábricas de alumbrado por gas, ya obtenido directamente, en hornos de coquización, para fines metalúrgicos. La producción de cok en 1915, llegó a ser de 623.353 toneladas, en el orden siguiente:

Vizcaya.....	323.354 toneladas.
Oviedo.....	161.976 >
Santander.....	55.787 >
Córdoba.....	51.436 >
León.....	30.800 >

El cok metalúrgico necesita ser *fuerte*, dar muchas calorías: el de Fi-

garedo (Asturias) es excelente y comparable a los buenos ingleses, pero otros muchos son flojos. La deficiencia en calidad y cantidad del cok nacional para fines metalúrgicos motiva la importación del cok inglés.

Desequilibrio entre la producción hullera y el consumo.—

Modo de evitarlo.—El siguiente cuadro da idea del desequilibrio que hay entre la producción española de carbones minerales y las necesidades del consumo.

AÑOS	PRODUCCIÓN EN TONELADAS			Importación de carbones y de cok, en toneladas.
	Hulla.	Antracita.	Lignito.	
1905	3.090.043	113.747	189.048	2.199.096
1912	3.625.669	226.663	233.980	2.677.806
1913	3.783.214	232.517	276.791	3.098.332
1914	3.905.080	228.302	309.473	2.875.753
1915	4.135.913	222.601	328.213	

En el año actual, las dificultades que con motivo de la guerra ha habido para la importación, suplementaria de la producción, de carbones por la suspensión de la de los alemanes, disminución de la de los ingleses y su elevado precio, ha intensificado el laboreo de las minas de combustible, hasta el punto de que se calcula una extracción total superior a la del año 1915 en más de un millón de toneladas; a pesar de lo cual, no se ha llegado a satisfacer las necesidades del consumo. Con el estímulo de las enormes ganancias que han obtenido muchos productores, al duplicar y triplicar los precios ordinarios, no han faltado quienes, poco escrupulosos, han lanzado al mercado, como combustible, materias que no merecen este nombre. Pero esas grandes ganancias y el gravamen consiguiente que la elevación desmedida de precios ha causado en el consumidor a domicilio y en las industrias, ha tenido su parte buena, la gran extensión que han recibido las explotaciones carboníferas. Se han puesto en explotación yacimientos, aun los pequeños, con malos medios de comunicación y a pesar de la elevación de jornales; porque el gran sobreprecio por tonelada compensaba con exceso el aumento de gastos de extracción y arrastre.

Esto no obstante, la producción es inferior al consumo, y para llegar a alcanzar el equilibrio entre ambos, necesario, indispensable, para el desarrollo de las industrias en la paz y la defensa nacional en la guerra, es preciso un lapso de algunos años. No se puede forzar ilimitada e inmediatamente la producción; se necesita algún tiempo para los trabajos

preparatorios, para desarrollar los servicios auxiliares y crear personal obrero idóneo.

Evidente es la necesidad de atender a las labores preparatorias, lentas y costosas, y a mejorar los procedimientos de laboreo y el material empleado en las preparaciones, arranque y transporte interior.

El desarrollo de la producción hullera exige, también, crear la masa obrera, en número y en aptitud profesional, para que pueda dar el rendimiento individual que necesita el mercado. El obrero minero más especializado es el que arranca la hulla del filón, el *picador*, y estadísticas recientes demuestran que su número es muy inferior, no solamente a lo que exige la actividad de laboreo que el progresivo desarrollo intensivo futuro ha de imponer, sino a la de las actuales necesidades.

El gobierno ha acudido recientemente a esta dificultad rebajando a dieciseis años la edad límite inferior de dieciocho años fijada para las labores subterráneas por la ley reguladora del trabajo de mujeres y niños, y estimulando el reclutamiento de *picadores*, mediante algunas concesiones ventajosas en el servicio militar.

Como una parte no escasa de la masa obrera que se dedica a labores subterráneas es ambulante, trabaja periódicamente alternando este trabajo con el agrícola, conviene afirmar su permanencia y continuidad en las explotaciones no ya solamente por aumentos en el salario, hoy elevado especialmente en la región asturiana en donde ha alcanzado inusitado valor, sino proveyendo alojamientos higiénicos y baratos.

Se ha propuesto también para estimular la producción que el Estado bonifique los aumentos de arranque con una cantidad por tonelada, proporcional al número de toneladas extraídas de más respecto a las del año anterior, bonificación que habría de fluctuar entre 0,25 pesetas por tonelada, hasta 2 pesetas, si llega o rebasa 100.000 toneladas el aumento (1).

No falta quien propone que estas ventajas llegasen al obrero en forma de primas, proporcionales a los beneficios.

Estas bonificaciones y primas habrían de condicionarse a precios máximos de los mercados; pues cuando el combustible alcanza los exagerados precios de hoy, que triplican los normales anteriores, y si los jornales son tan elevados como los que perciben los obreros en la crisis carbonera actual en muchas comarcas hulleras de España, con grave quebranto de las industrias y del modesto consumidor, lejos de pensar en bonificaciones oficiales de auxilio a los patronos mineros, se ha hecho pre-

(1) Informe de la Comisión de estudio de la riqueza hullera.

ciso poner limitación a las desmedidas ganancias de los hulleros (1).

Todos los medios empleados para obtener el equilibrio entre la producción hullera y el consumo serán ineficaces si los medios de transporte exterior a las minas continúan en el lamentable estado de deficiente capacidad que padecemos: fletes elevados, red ferroviaria incompleta, material móvil, locomotoras y carruajes, en número inferior a la proporción kilométrica reglamentaria y a las necesidades del tráfico. De nada servirá aumentar la producción hullera si el combustible ha de quedar amontonado a boca mina.

La crisis actual ofrece enseñanzas para el porvenir.

IV

HULLA BLANCA

Grave error se cometería si se estimase como abundantísimos, y aun menos como inagotables, los yacimientos de carbones fósiles de nuestro país. En previsión de futuras escaseces y aun del agotamiento de la riqueza hullera, preciso es utilizar la energía que pueden suministrar los saltos de agua, la llamada *hulla blanca*, importante fuerza motriz de numerosas aplicaciones industriales; y España cuenta con abundantes fuerzas hidráulicas estimadas, aproximadamente, en más de 5.000.000 de caballos, que sus ríos son capaces de suministrar, a saber:

Ebro y sus afluentes	1 300.000 HP.
Duero.....	900.000 »
Guadalquivir.....	750.000 »
Tajo	700.000 »
Guadiana	370.000 »
Miño	250.000 »
Júcar.....	190.000 »
Segura.....	100.000 »
Otros ríos.....	600.000 »
TOTAL.....	5.160.000 »

Al Ebro correspondé el mayor sumando, por el alto Esera, el Cinca, Segre, Noguera Pallaresa y otros afluentes y subafluentes que descienden.

(1) Por Real orden de 29 de noviembre último, los precios a boca mina se fijan en 35 a 40 pesetas la tonelada de galleta, según procedencia; 37 a 40 pesetas, el cribado; menudo y granza, de 10 a 30; cok, de 32 a 50 según clases; antracita de Peñarroya, a 43.

den de los Pirineos Centrales y Orientales con grandes desniveles y pueden producir considerable energía hidráulica, que se completa, en la región catalana, con la de los ríos que tienen su origen en los Pirineos Orientales y desembocan directamente en el mar.

El aprovechamiento de estas fuerzas hidráulicas ha de encontrar interesantes aplicaciones a la electrización de vías férreas, a la gran industria química y creación de centros electrometalúrgicos que beneficien riquezas mineras hoy inexploradas.

En la actualidad utilizase poco más de un 10 por 100 de la potencia hidráulica total, en 120 grandes centrales eléctricas y otras de menor importancia que, ampliadas convenientemente, podrían elevar su potencia a más de un millón de caballos.

Independientemente de las fábricas hidroeléctricas, existe un gran número de molinos harineros, fábricas de aserrar y otros centros industriales en que la potencia de los saltos de agua se utiliza directamente, sin ser transformada en energía eléctrica.

En Cataluña, por ejemplo, las industrias textiles de la alta montaña emplean de este modo más de 100.000 caballos de los ríos Llobregat, Ter y Cardener.

Queda, como vemos, mucho por hacer y utilizar en punto a fuerza hidráulica; y tanto al presente como en lo porvenir, la *hulla blanca* será un importante elemento de la industria española, para las necesidades de la paz y de la guerra.

Como en las primeras materias minerales, como en la producción de los metales principales tan abundantes en España, corremos el peligro de la *desnacionalización* de la hulla blanca, de los aprovechamientos hidráulicos para obtener energía eléctrica. Por ejemplo, una considerable parte de la fuerza hidráulica que procede de los saltos de agua de los Pirineos aragoneses y catalanes, está en manos extranjeras. De los 400.000 caballos en que se calcula la potencia hidráulica utilizable en Cataluña, sólo pertenecen a capitales españoles los 16.000 caballos de la Sociedad «Saltos del Ter» (capital bilbaíno) y los 80.000 que proyecta utilizar la sociedad catalana de gas y electricidad (capital catalán).

En cambio la Compañía titulada «Energía eléctrica de Cataluña», es francosuiza; pertenece al grupo formado por la «Compañía General de electricidad de París» y la «Sociedad suiza de industria eléctrica», de Basilea y utiliza las aguas del río Flamisell, afluente del Noguera Pallaresa. El río Flamisell tiene su origen en los Pirineos Centrales y vierte sus aguas en el Noguera Pallaresa. Está alimentado por lagos situados a 2.000 y 2.500 metros de altitud, fácilmente transformables en embalses de gran capacidad y proporciona dos saltos sucesivos de 800 y 300 me-

tros respectivamente, cuyo aprovechamiento de 6.000 caballos se hace en Capdella (1).

La importante Compañía titulada «Riegos y fuerza del Ebro» (2), tuvo su origen en «Barcelona Traction Light and Power Company» que adquirió las pertenencias de la «Compañía Barcelonesa de electricidad», fundada en 1894 por una empresa alemana (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, de Berlín).

Utiliza los ríos Noguera Pallaresa, Segre, Cinca y Ebro, mediante un gran embalse en Tremp y una serie de fábricas situadas aguas abajo, aprovechando saltos sucesivos, en Talarn (36.000 HP), Seros (56.000 HP), Barcelona (72.000 HP) y Fayon. Este último, que es el principal, no construido todavía, embalsando 850.000.000 de metros cúbicos del Ebro, aguas abajo de la confluencia del Segre, de que son tributarios a su vez el Noguera Pallaresa y el Cinca, sería capaz de producir 300.000 caballos (de los cuales 75.000 estarían dedicados a la «Sociedad Ibérica del ázoe»).

La «Sociedad Riegos y Fuerzas del Ebro», estaría por completo en manos de belgas, ingleses y franceses a no haber motivado la guerra actual la liquidación judicial de la empresa.

V

METALURGIA Y SIDERURGIA.—TRABAJO DEL HIERRO Y DEL ACERO

Importancia militar de la metalurgia.—En las aplicaciones de las ciencias e industrias al arte militar, ocupa la metalurgia lugar eminente. A los metales se acude para construir las armas ofensivas y defensivas en todo ambiente polémico; el agua, el aire y la tierra; y si ante la truculenta guerra que conmueve al mundo reparamos en el enorme acrecentamiento de los medios de destrucción veremos destacarse al punto la preponderante influencia de los progresos metalúrgicos.

Ellos se descubren en el fusil y la ametralladora, en el cañón de campaña y en las descomunales piezas de sitio y de marina; en el pequeño proyectil «Mauser» y en los de una tonelada de peso lanzados a miríametros de distancia; en el delgado escudo de acero que detiene la bala del fusil y en la gruesa coraza que defiende las partes vitales de la nave; en

(1) La Compañía tiene una fábrica complementaria de electricidad en San Adrián, a orillas del mar, cerca de Barcelona.

(2) Conocida también con el nombre de «La Canadiense», por haber sido su organizador el famoso Pearson, de Toronto (Canadá) que pereció en la catástrofe del *Lusitania*.

el torpedo, en el submarino y en el monstruoso superdreadnought; en el automóvil y en la locomotora; en el avión y el proyector; en fin en la telegrafía y radiotelegrafía militares (1).»

El obstinado pugilato del cañón y la coraza que exigió la colada de enormes lingotes y la labra de grandes masas de metal tenaz, duro e infrangible; la presión de las exigencias militares para obtener metales homogéneos, de gran coeficiente de calidad, con destino a los materiales de construcciones militares terrestres y navales han sido motivo de incesantes adelantos metalúrgicos.

Las aplicaciones bélicas, reclaman a su vez los últimos progresos de la metalurgia. Metales de cualidades específicas especiales obtenidos por aleaciones del hierro con el níquel, cromo, manganeso, tungsteno y vanadio y por tratamientos térmicos adecuados. Poderosos medios de fabricación: hornos «Martín» de gran capacidad, potentes laminadores, enormes martillos pilones y prensas hidráulicas, grúas gigantescas, hornos de cementar, recalentar, recocer, máquinas herramientas perfeccionadas para los trabajos de precisión más complicados.

Y si se tiene en cuenta el prodigioso consumo de armas ofensivas y defensivas de todas clases, las enormes cantidades de elementos exigidas por la arquitectura naval y militar, por el material de transporte, por las necesidades de los servicios de ingeniería, intendencia y sanidad se vendrá a deducir lo que, por otra parte, la guerra actual está demostrando desde un principio: la necesidad imprescindible de una gran industria nacional metalúrgica: de grandes y numerosas oficinas metalúrgicas, fábricas, fundiciones y talleres.

Nuestra riqueza minerometalúrgica.—Una gran parte está **desnacionalizada.**—La producción metalúrgica y siderúrgica indispensable para la defensa nacional depende de la producción minera, esto es de la riqueza de los yacimientos de mineral de hierro y otros metales; de la intensidad de las labores; de la potencialidad de las oficinas de beneficio, productoras de la primera materia metálica, lingote, galápago, plancha, laminados, etc., tanto de calidad corriente como de productos especiales; del progreso y desarrollo de las industrias metalúrgicas (2)

(1) «Las ciencias y la guerra». Discurso inaugural del V Congreso de la Asociación española para el progreso de las ciencias celebrado en Valladolid durante los días 17 a 22 de octubre de 1915. Por D. J. M. M.

(2) En la industria nacional del hierro y del acero, es corriente una clasificación arbitraria de los productos, en los dos grupos *siderúrgico* y *metalúrgico*, dando a la palabra metalurgia una acepción limitada que excluye a otros muchos metales (cobre, plomo, cinc, etc.)

Con arreglo a esa clasificación, la industria *siderúrgica* comprende el beneficio del mineral en altos hornos, hornos «Martín Siemens», convertidores, forjas catala-

que transforman y trabajan las primeras materias metálicas, desde el alambre a la más gruesa pieza, desde la chapa hasta la más complicada obra de forja y calderería o de maquinaria. Depende también, y en grandes proporciones, de la producción hullera. De poco serviría poseer de grandes riquezas minerales si no se dispusiera de carbones para beneficiarlas y transformarlas; y bien elocuentemente demuestra esta verdad la desproporción que observamos entre la exportación de minerales y la producción de metales, debida a la escasez y carestía de hulla y cok que motiva la importación de carbones extranjeros a cambio de exportación de mineral, con fletes combinados de retorno que resultan así más económicos (1).

Ya hemos indicado en otro lugar la riqueza, estado actual y porvenir de la industria hullera. Bosquejaremos el estado de la minerometalúrgica de los metales de más aplicación a las necesidades militares.

Tenemos con abundancia mineral de hierro, de plomo, cinc, pirita cobrizas, azogue, algo de manganeso y wolfram y estaño aunque no tanto como fuera de desear; las inteligentes investigaciones que el ingeniero Sr. Orueta realiza por cuenta del Estado en los aluviones de la serranía de Ronda, hacen esperar la existencia del platino en condiciones de explotación, y desde luego la de mineral explotable de cromo y níquel, en proporciones que den abasto a las necesidades militares.

La producción valorada de las industrias minerometalúrgicas fué, en 1915, de 254.010.162 pesetas en el ramo de laboreo, a boca mina, y de 371.597.406 pesetas en el de beneficio, a pie de fábrica, o sea un total de 625.607.568 pesetas, habiendo empleado 138.437 obreros. El mayor sumando en la valoración total corresponde a Oviedo (112.185.464 pts.), siguiendo por orden de importancia Vizcaya (85.534.262 pts.), Huelva (82.638.865 pts.), Córdoba (73.447.690 pts.), Jaén (53.422.890 pts.) y Murcia (47.528.963 pts.) Las provincias restantes tuvieron producción minerometalúrgica por valor de menos de 30 millones de pesetas.

La producción, en el ramo de laboreo, de los minerales que más in-

nas, etc., para producir como primera materia metálica el lingote y el tocho y también los productos laminados, hierros y aceros de perfiles diversos, palastros, etcétera.

Los metalúrgicos adquieren estas primeras materias para refundirlas, moldearlas o laminarlas de nuevo y trabajarlas en trefilerías, talleres de construcciones metálicas, construcción de máquinas y material de transporte y otros muchos objetos de los que se elaboran en caldererías, herrerías y cerrajerías, etc.

(1) La hulla blanca es un auxiliar poderoso que no debe olvidarse, como base de la electrometalurgia cuyo desenvolvimiento en nuestro país, que cuenta con numerosos saltos de agua, es de la mayor trascendencia.

tervención tienen en las industrias de guerra, durante los años 1914 y 1915, es la expresada en el siguiente cuadro (1):

	TONELADAS		Diferencia. Toneladas.	
	Año 1914.	Año 1915.	En +	En -
Azogue.....	17.714	20.717	3.003	»
Antracita.....	228.302	222.621	»	6.681
Azufre.....	47.180	28.937	»	18.243
Cinc.....	114.317	81.921	»	32.396
Cobre.....	26.095	23.067	»	3.028
Cobre (piritas y piritas ferro cobrizas.....	1.476.503	1.180.412	3.909	»
Estaño.....	877	102	»	775
Hierro.....	6.819.964	5.617.839	»	1.202.125
Hierro (pirita de).....	934.835	802.383	»	132.502
Hulla.....	3.935.080	4.135.919	200.839	»
Lignito.....	291.057	328.213	37.156	»
Manganeso.....	13.155	11.328	1.173	»
Plomo.....	246.223	285.262	29.044	»
Wolfram.....	437	511	74	»

El metal obtenido en el ramo de beneficio en los años 1914 y 1915 figura en el cuadro siguiente en toneladas:

SUBSTANCIAS BENEFICIADAS	AÑO 1914	AÑO 1915	DIFERENCIAS	
			En +	En -
Acido sulfúrico.....	33.061	50.467	17.406	»
Azogue.....	952	1.222	270	»
Azufre.....	8.000	9.670	1.610	»
Aglomerados de carbón.....	558.328	555.357	»	2.971
Aglomerados de hierro.....	198.934	132.218	»	66.716
Benzol.....	1.290	1.308	18	»
Carburo de calcio.....	6.592	11.653	5.061	»
Cemento natural.....	254.932	300.749	45.807	»
Cemento portland.....	218.832	175.506	»	43.326
Cinc refinado.....	2.813	4.913	2.900	»
Cinc laminado y en galápagos	11.733	3.202	»	8.509
Cáscara de cobre.....	10.371	12.374	2.003	»
Cobre.....	15.335	22.325	6.990	»
Cok.....	597.315	623.353	26.038	»
Hierro (lingote).....	382.044	439.835	57.791	»
Hierros y aceros.....	»	387.314	»	»
Plomo.....	143.523	171.472	27.949	»

(1) Estadística minera de 1915.

**Importación y exportación de minerales y metales, en toneladas,
en el año 1915.**

MINERALES	Importación.	Exportación.
Cinc (blenda, calamina natural y calcinada).....	»	33.608
Estaño.....	»	68
Hierro.....	»	4.449.273
Hulla y otros carbones minerales y cok.....	1.905.024	9.815
Manganeso.....	»	9.136
Pirita de hierro y cobrizas.....	»	2.263.222
Plomo (galenas y demás minerales).....	»	917
Metales.		
Azogue.....	»	1.121
Azufre en bruto y refinado.....	8.717	1,31
Cobre fino en cáscara y matalatón y bronce.....	484	26.755
Cok.....	»	1.022
Estaño (en lingotes).....	1.476	»
Hierro colado, dulce y acero (lingotes y tochos).....	8.143	75.648
Plomo (en galápagos).....	»	146.925
Plomo argentífero.....	»	12.143

Los cuadros anteriores, demuestran, aun de modo incompleto, nuestra riqueza minerometalúrgica, y lo importante de la producción en el ramo de laboreo. La intensidad y valor del ramo de beneficio deja en cambio mucho que desear, y aun todavía más la producción de metales refinados y especiales. En suma, exportamos mucho mineral; del resto beneficiado en nuestras oficinas metalúrgicas, exportamos alguna cantidad en lingote, torales, galápagos, cáscaras, matas, etc., que importamos después refinados y labrados.

Sensible es que una parte considerable de la riqueza minera, de metales que de tiempo inmemorial son famosos en el mundo, esté *desnacionalizada*. Las piritas de Huelva son inglesas o francesas en su casi totalidad; el plomo, en una gran parte, es francés (de la Sociedad minera y metalúrgica de Peñarroya); las principales minas de hierro están en poder de extranjeros; del cinc puede decirse lo mismo; la producción de azogue en las incomparables minas de Almadén, ha estado condicionada hasta aquí por intereses extranjeros.

Algunos datos minerometalúrgicos de metales distintos del hierro.—*Azogue.*—Se arrancaron en Almadén (Ciudad Real) en 1915 13.282 toneladas de mineral, 8.163 en Oviedo y 2.470 en Granada.

Almadén obtuvo, por el beneficio del mineral, 1.200 toneladas de azogue que equivale a 34.778 frascos de 34,50 kilogramos.

La casa Rotschild tenía el arriendo de esta producción, reservándose para la industria nacional tan sólo 500 frascos (17.254 kilogramos).

Oviedo obtuvo 20.697 kilogramos de azogue.

Azufre.—28.937 toneladas de mineral se extrajeron en 1915, siendo Albacete la provincia más productora (18.142) y siguiendo Murcia (4.976), Teruel (4.292) y Almería (1.527).

El beneficio del mineral produjo 9.670 toneladas, correspondiendo a Albacete más de la mitad (2.286 toneladas de terrón y 979 de flor).

Cinc.—En 1915 se extrajeron 81.921 toneladas de mineral en toda España. El primer lugar corresponde a la provincia de Santander en la que en dicho año la producción alcanzó cifras no conocidas hasta hoy, llegando a ser de 33.728 toneladas de calamina y 22.355 de blenda.

La Real Compañía Asturiana, con sus minas de Reocín y Udias, Ruboba y Rionansa figura en primera línea, beneficiando el mineral en su fundición de Auby (Francia) localidad situada en la zona invadida por los alemanes. Las Sociedades Minas de Cartes, Cajo y otras son también productoras.

En punto a la importancia del laboreo, a Santander sigue Lérida, con 17.775 toneladas extraídas; Córdoba y Badajoz, produjeron 1.470 toneladas cada una; otras provincias, cantidades insignificantes.

El total de cinc obtenido por las oficinas de beneficio fué, en el citado año de 1915, de 8.117 toneladas, correspondiendo a Oviedo, 1.715 de cinc laminado y 4.913 de cinc refinado, en total 6.628 toneladas, y 1.489 a Córdoba.

Cobre.—El consumo mundial del cobre crece en progresión ascendente, en cantidades considerables, por que cada día se aumenta el número de aplicaciones y su extensión. Los progresos de la electricidad contribuyen en gran proporción a esos aumentos de consumo. La producción total puede estimarse en 1.010.000 toneladas contribuyendo los Estados Unidos de América con más del 50 por 100, Méjico con 90.000 toneladas, Japón con 77.200 y Australia con 41.800.

La producción de Europa en 1913 fué de 186.500 toneladas (41.100 Inglaterra, 34.300 Rusia, 52.900 Alemania y Austria y 23.600 España), mientras que su consumo llegó a 643.100 toneladas (1). El consumo es muy superior a la producción, y ninguno de los países beligerantes puede satisfacer sus necesidades, aumentadas con la guerra.

Cuanto a España, lo que hemos dicho respecto a la *desnacionalización* del plomo, hierro, cinc y azogue, puede aplicarse al cobre. Este mineral

(1). Alemania 259.300 toneladas, Gran Bretaña 140.300, Francia 103.600, Rusia 40.200, Austria 37.200 e Italia 31.200.

tan abundante en nuestro país no es español, ni lo son la casi totalidad de las oficinas de beneficio. Mineral y lingote son materia de exportación, que se cotiza en mercados extranjeros, en libras, marcos o francos, y una buena parte vuelve a España, refinada, manufacturada, para ser pagada en moneda española a alto precio.

En 1915, la producción total en España de mineral de cobre y de piritas de Huelva el primer lugar, con 1.362.471 toneladas, y siguiendo en importancia, aunque en proporciones muy inferiores, Sevilla, Córdoba y Murcia.

Los ricos yacimientos de piritas de hierro y ferrocobrizas de la provincia de Huelva son famosos y han sido explotados desde la más remota antigüedad por fenicios, cartagineses, romanos, árabes y españoles desde la Reconquista. Los restos de pozos, galerías, escoriales, monedas, etc., encontradas en Río Tinto, Tharsis y otros centros mineros de la provincia son prueba de la antigüedad de estas explotaciones. Las primeras labores de Río Tinto datan de mil años antes de Jesucristo.

Grande importancia tiene los abundantes criaderos de piritas de Huelva, para las necesidades del servicio de guerra en general, por los productos que pueden ser beneficiados; ácido sulfúrico, sulfato de cobre, hierro y cobre y es conveniente conocer los recursos que ofrece. Da idea de su valor el número de obreros que emplearon en 1915 las diversas Compañías explotadoras.

COMPAÑÍAS

NÚMERO DE OBREROS EN 1915.

Tío Tinto.....	14.393.—Pirita de hierro y ferrocobrizas.
Tharsis.....	3.650.—Pirita ferrocobrizas.
Alkali.....	1.505.—Pirita de hierro y cobrizas.
Francesa de piritas.....	932.—Pirita de hierro y cobrizas.
Cueva de la Mora.....	880.—Pirita ferrocobrizas.
Peña del Hierro.....	663.—Pirita de hierro.
Esperanza.....	630.—Pirita ferrocobrizas.
Saint Gobin.....	342.—Pirita de hierro y cobrizas.
San Miguel.....	312.—Pirita ferrocobrizas.
La Goya.....	196.—Idem.
Hispalense.....	196.—Pirita de hierro y ferrocobrizas.
Cala.....	150.—Pirita de hierro.
San Platón.....	150.—Pirita ferrocobrizas.
Campanario.....	129.—Pirita de hierro.
Otras menos importantes.....	200.—Pirita de hierro y cobrizas.

TOTAL DE OBREROS.... 24.328

Antes de la guerra actual, la exportación de mineral de piritas de hierro y cobrizas fué de tres millones de toneladas, siendo los principales

mercados, por orden de importancia, el inglés, el de los Estados Unidos y el alemán.

La falta del mercado alemán por efecto de la guerra y el encarecimiento de fletes ha hecho descender la exportación de mineral de pirita de todas clases a 2.200.000 toneladas en 1915.

El mineral no exportado, beneficiado, llegó a dar en años anteriores a la guerra 18.000 a 20.000 toneladas de cáscara de cobre de todas clases de las cuales una parte se destinó a los hornos de envuelta de agua (water jackets) para obtener el metal por fusión y 19.000 a 20.000 toneladas de lingote o Blister (1).

La producción total de cobre en España en 1915, fué:

Cáscara de cobre.....	{ Huelva... 11.525 toneladas Sevilla... 818 » }	12.373 toneladas.
Lingote de cobre.....	Córboda.....	1.767 »
Cobre Blister.....	Huelva.....	19.058 »
Alambre de cobre....	Oviedo	1.500 »
Total.....		34.698 »

La provincia más productora en cobre es también Huelva, y dentro de esta provincia, las minas de la Compañía de Río Tinto, que en 1914 produjo 12.047 toneladas de Blister y 6.320 de cáscara.

Puede observarse por las cifras anteriores el desequilibrio que hay entre el mineral arrancado y el beneficiado, y la gran proporción del exportado.

Si se beneficiase en España toda la pirita ferrocobrizada de Huelva que se exporta, se podría obtener una cantidad de cobre superior a las necesidades de nuestro ejército.

Lamentable es que los principales criaderos de mineral de pirita cobrizada sean extranjeros. Río Tinto, el más importante, mal explotado por la administración española, fué vendido por el Estado en 1873 por 92.800.000 pesetas (hoy vale diez veces más) a los Sres. Mathesson y Compañía que crearon la actual *Compañía de Río Tinto*. Tharsis, que le sigue en importancia en el número y potencia de los criaderos, es inglés; la Compañía francesa de piritas, posee otros criaderos, y otros varios son ingleses o franceses.

(1) Como es sabido, la cáscara de cobre se obtiene por el procedimiento de lavado hidrometalúrgico o de cementación, lavando en grandes masas el mineral piritoso, que substituyó al antiguo sistema de torrefacción en montones o telas. El lingote o total de cobre se obtiene por vía seca, por fusión del mineral y cáscara en hornos de camisa de agua que producen la *matá* con proporción variable de cobre, llevando ésta para su afinado después a los convertidores Bessemer.

Para atender a las necesidades nacionales sería conveniente evitar la emigración de mineral de cobre, de cáscara y mata cobriza, imponiendo elevados derechos a la exportación que ahora se hace sin traba ninguna ni beneficio directo para España.

Pero no es esto suficiente; las necesidades de la industria y de la defensa nacional exigen algo más que las muchas toneladas de cáscara y lingote que pueden obtenerse beneficiando el mineral que se extrae; hay que desarrollar la refinación electrolítica del cobre nacional, que hoy no cuenta más centro importante que la fábrica de Lugones (Oviedo) de la Sociedad Industrial Asturiana; evitando así que necesitemos importar anualmente más de 8.000 toneladas de cobre electrolítico, metal tan necesario, por su pureza, para cobres y latones con destino a planchas, barras, tubos, discos para cartuchería, trefilería para conductores eléctricos, etc.

Manganeso.—La explotación de mineral de manganeso se hace principalmente en Sevilla (4.584 toneladas en 1915), Huelva (3.913), Oviedo (3.831) y Teruel (2.000). En 1907 la producción total llegó a ser de 41.504 toneladas y de 21.594 en 1913.

Una gran parte de la producción es exportada, siendo Alemania una de las naciones importadoras.

Plomo.—118.716 toneladas de mineral produjo Jaén en 1915, 72.553 Murcia; 50.539 Córdoba y 23.242 Ciudad Real. Las provincias de Almería, Badajoz, Gerona, Granada, Guipúzcoa, Santander, Sevilla y Tarragona produjeron cantidades mucho menores comprendidas entre 300 y 6.000 toneladas.

El metal obtenido en las oficinas de beneficio alcanza un total de 171.472 toneladas, así distribuido:

Murcia	=	53.000 toneladas.	Refinado.
Jaen	=	46.918	Id.
Córdoba	= {	58.785	Dulce.
		5.270	Antimonioso.

La Sociedad Minero Metalúrgica de Peñarroya (francesa) y la razón social Figueroa, son hoy los verdaderos propietarios del plomo fundido que se produce en España. Adquieren gran cantidad de mineral, que, con el suyo, benefician en sus fundiciones y exportan los galápagos a Inglaterra, mercado principal.

Wolfram.—La provincia más productora de mineral en 1915, fué Zamora, con 293,55 toneladas, sigue en importancia Pontevedra, con 129,5 toneladas, Salamanca con 24 con ley media del 60 por 100; 25 Badajoz y cantidades pequeñas Orense, Coruña y Almería. En total, 511,3 toneladas.

España ocupa el segundo lugar de la Europa occidental en tungsteno; el primero corresponde a Portugal que exportó 1.700 toneladas de wolframita en 1914. La extracción total mundial de este mineral fué en 1913, de 9.775 toneladas.

Nuestra producción siderúrgica.—Deficiencias en capacidad de fabricación y variedad de los productos.—Orientaciones para el desarrollo de esta industria.—Si de la metalurgia general pasamos a la siderurgia, ofrécese el mismo cuadro que de aquélla expusimos. Mineral abundante y de excelente calidad dedicado en gran parte a la exportación y pequeño desarrollo de las oficinas de beneficio, sobre todo en la obtención de productos afinados y especiales, que tenemos que importar del extranjero.

Nuestra riqueza en mineral de hierro es notoria, y de ella da muestra la producción en 1915, que a continuación consignamos, y eso que fué muy inferior a la de años anteriores, casi la mitad de la de 1913, porque la guerra cerró el mercado alemán y ha reducido considerablemente el inglés.

Laboreo de mineral de hierro en 1915.

Vizcaya.....	2.674.638 toneladas.
Almería.....	915.679 »
Santander.....	678.085 »
Teruel.....	379.907 »
Sevilla.....	268.832 »
Murcia.....	234.437 »
Granada.....	136.672 »
Oviedo.....	121.383 »
Otras provincias.....	208.206 »
<i>Total.....</i>	<i>5.617.339 »</i>

En pirita de hierro se extrajeron 730.578 toneladas correspondiendo la casi totalidad a Huelva (704.054 toneladas), 24.524 a Sevilla y 1.990 a Murcia.

Y aún queda mucho por explotar en mineral de hierro, en nuestro país.

El 90 por 100 del mineral arrancado se destina a la exportación, como lo demuestran las cifras siguientes:

AÑOS	MINERALES DE HIERRO. TONELADAS	
	Producción.	Exportación.
1907	9.806.178	8.635.868
»	»	»
»	»	»
»	»	»
»	»	»
»	»	»
1913	9.861.668	8.907.202
1914	6.819.964	6.095.121
1915	5.617.839	4.449.273

La exportación ha disminuído considerablemente porque la guerra ha cerrado los principales mercados extranjeros y dificultado los transportes por el enorme encarecimiento de los fletes.

Apenas tenemos *grande industria siderúrgica ni metalúrgica*; no ya con centros productores como los de Krupp, Gruson, Skoda, Creusot, Wickers, Saint Chamond, Marrel, etc., sino con otros de más modesta capacidad de producción.

Pequeña es, como hemos visto, la parte de mineral de hierro que se beneficia, 10 al 15 por 100 próximamente, de la producción. En 1915, la producción en lingote y en hierros y aceros forjados, laminados, etcétera, fué:

	TONELADAS	
	Lingote.	Hierro y acero.
Vizcaya	317.366	297.889
Oviedo	61.751	63.761
Guipúzcoa	»	9.605
Santander	53.125	8.803
Alava	4.986	3.699
Navarra	2.607	2.607
Málaga	»	950
<i>Total</i>	439.385	387.314

Contamos solamente con 22 hornos altos de los cuales 7 en Vizcaya, 6 en Oviedo, 2 en Santander y uno en Málaga. En hornos de pudelar, existen 8 en Oviedo, 3 en Vizcaya y 2 en Guipúzcoa; hay 34 hornos «Martín Siemens» (16 en Vizcaya, 11 en Oviedo, 4 en Guipúzcoa y 2 en Santander) y 95 de recalentar. En toda España no hay más que 2 convertidores (Vizcaya); 21 cubilotes (8 en Oviedo y Vizcaya, uno en Navarra y 2 en Málaga y Santander); 36 forjas (29 en Oviedo, 3 en Vizcaya y 2 en Alava y Navarra); tan sólo 3 hornos eléctricos (2 en Alava y uno en Málaga). Es de observar que esta limitada industria siderúrgica está reconcentrada en las provincias vascas, Santander y Málaga, inmediatas a la costa y accesibles a invasiones marítimas.

Una parte de la producción es exportada e importamos también cantidades grandes de estos productos:

AÑOS	Producción en toneladas.		Importación en toneladas.			Exportación en toneladas.	
	Fundición.	Hierro y acero.	Fundición y productos de fundición	Productos de hierro y acero.	Hoja de lata.	Fundición.	Productos de hierro y acero.
1907	355.420	324.890	8.050	27.135	3.827	30.553	25.520
1913	424.774	241.995	16.840	70.665	2.969	7.020	2.300
1914	382.044	300.000	13.245	33.769	1.830	28.735	10.442
1915	439.835	387.314	9.391	18.659	1.467	75.649	50.190

En 1915, más de la mitad de la exportación ha sido para Francia.

Cierto es que, como señala el cuadro anterior, las oficinas siderúrgicas han tenido mayor actividad por los grandes pedidos de la industria y de la agricultura que no podían ser satisfechos por las industrias de las naciones beligerantes, lo cual ha dado lugar a nuevas instalaciones en los centros productores. Pero en esta industria como en otras muchas, las improvisaciones no son tan eficaces como los apremios reclaman; es preciso preparación y creación de personal obrero profesional.

Hay que modernizar científicamente los procedimientos siderúrgicos, desarrollar la producción de aceros especiales en sus aleaciones con el níquel, cromo, tungsteno, vanadio, etc., y para esto, la de las ferroaleaciones, ferrosilicio, ferromanganeso, etc., dar, en fin, gran impulso a nuestra industria metalúrgica general si queremos emanciparnos del extranjero y producir lo que necesitamos para los usos de la paz y de la guerra.

La Sociedad Altos Hornos de Vizcaya, ocúpase en su importante fábrica de Sestao, con nuevas instalaciones, en dar notable impulso al remedio de esas necesidades, para poder producir aceros finos al carbono y aceros especiales al níquel, al cromo níquel, tungsteno, etc., y establecer grandes talleres de forja, provistos de prensas hidráulicas hasta de 2.000 toneladas y maquinaria americana, tornos, acepilladoras, tijeras, etc., para poder forjar y labrar grandes masas de acero y obtener productos aplicables al material de guerra, tales como proyectiles, esudos, elementos para la construcción de automóviles y órganos de precisión.

Es pertinente señalar la escasez de material refractario para hornos metalúrgicos y la deficiente producción de crisoles para fundir aceros, latones, broncees, que obliga a importar en cantidad no despreciable.

El Vizconde de Eza, en el interesante folleto titulado *La pasividad de España ante las futuras luchas económicas*, recientemente publicado, propone las siguientes medidas de protección de nuestras industrias minero-metalúrgicas (1):

Nacionalización de la industria metalúrgica. Ventajas a los obreros empleados en ella con relación al servicio militar. Restricción, en cambio, sobre sus derechos de huelga a semejanza de los ferroviarios. Retiros, etc.

Auxilio e intervención del Estado respecto al utillaje empleado en ella. Participación, por ejemplo, en su adquisición en calidad de anticipo reintegrable a condición de que el Estado pueda disponer de la industria en caso de necesidad. Exención de impuestos durante diez años al menos.

Creación y organización del crédito industrial a largo plazo.

Creación del crédito a la exportación.

Importancia para las industrias y la defensa nacional del desarrollo de la electrosiderurgia.—Ya hemos visto la escasez de altos hornos y hornos de afino; la mayor parte, situados en Vizcaya, porque la proximidad de ricos criaderos de mena excelente permite compensar la penuria de cok con el que se importa a cambio de la exportación de mineral.

Pero tanto en este centro importante de la industria siderúrgica como en las de Santander, Oviedo y Málaga, más que la escasez de carbones tenemos que lamentar la falta de los coquizables para obtener buenos

(1) Aplicables a las químicas y eléctricas.

coques metalúrgicos. De aquí la importancia futura del desenvolvimiento de la electrosiderurgia, de la substitución del alto horno por el eléctrico; ya se obtenga la energía eléctrica, como es preferible, con *hulla blanca*, ya se produzca con la misma hulla negra utilizada, para estos efectos, a boca mina y transportada a las oficinas de beneficio, o bien empleando las dos hullas para complementar con la negra las deficiencias de la blanca originadas por el régimen inconstante de nuestros ríos.

Pero la importancia de la electrosiderurgia, no tan sólo en la reducción del mineral sino en el afino de los productos de esta reducción, tiene un aspecto muy trascendental, que interesa a la defensa nacional; no solamente permitirá aumentar la producción siderúrgica, que tan preponderante influencia tiene en el sostenimiento de la guerra, sino que la pondrá a cubierto, cual no lo está hoy, de los ataques de los enemigos probables, permitiendo establecer oficinas metalúrgicas tierra adentro, inmediatas a vastos criaderos de hierro. «Basta coger el mapa de España—dice el ilustrado y competente ingeniero D. Carlos Mendizábal, nuestro antiguo compañero y discípulo (1)—para ver que las factorías bilbainas y la Nueva Montaña de Santander y el horno alto de Málaga y hasta el que se proyecta en Sagunto, pueden ser destruidos desde el mar en pocas horas y que aun los establecimientos metalúrgicos asturianos se hallan en peligrosa proximidad de una costa indefensa (2). Desde las primeras horas de una guerra, puede hallarse España incapacitada para producir una tonelada de acero, es decir, obligada a rendirse sin combatir.»

Trabajo del hierro y del acero.—En industrias de transformación, de fabricación y trabajo de objetos y material de hierro y acero, no estamos mucho mejor que en las de laboreo y beneficio en número, y especialmente en importancia de los centros industriales. Puede decirse que apenas tenemos lo que se llama *gran industria*; las fundiciones, talleres y fábricas en su casi totalidad, por el número de obreros y capacidad de producción, entran en la categoría de *pequeña industria*.

Refiriéndonos al año 1913 y a los datos oficiales fiscales, he aquí el número de los talleres existentes (3):

(1) Véase el interesante artículo que con el título de «El horno eléctrico» ha publicado este ingeniero en el *Madrid Científico* de 15 de noviembre último.

(2) En el mismo caso están Trubia y Oviedo.

(3) *La pasividad de España ante las futuras luchas económicas*, por el Vizconde de Eza.

Industriales metalúrgicos (hierro) existentes en España con arreglo a los datos de la Estadística administrativa de la Contribución industrial y de comercio.

NÚMERO del epigrafe.	NOMBRE Y CLASIFICACIÓN DE LAS INDUSTRIAS	NÚMERO de industriales.
110	Talleres de fundición en que por medio de cubilotas se dea el hierro de segunda fusión.....	161
114	Talleres de hoja de lata.....	6
121	Talleres de construcción de máquinas.....	238
122	Talleres de herrería o cerrajería mecánica o de ajuste...	1.011
123	Talleres de calderería gruesa.....	49
124	Talleres donde se consfruyen estufas y chimeneas.....	73
127	Talleres donde se construyen balanzas, básculas, etc....	46
128	Talleres donde se construyen camas, cunas y otros objetos.....	21
133	Fabricación y recomposición de limas.....	6
137	Fábrica de aparatos y utensilios de cinc, lata y palastro.	28
54	Caldereros.....	363
76	Fundidores en crisol.....	115
80	Herreros y cerrajeros.....	10.028
	TOTAL.....	12.165

No se incluye en este cuadro los talleres que existen en las provincias vascongadas, por que siendo provincias forales no están comprendidas en las estadísticas de Contribución industrial; ni los pertenecientes a Sociedades anónimas, por no tributar por dicho concepto. Sumadas a las cantidades del cuadro anterior, puede estimarse el total aproximado del número de industriales en 15.000 y el de obreros en 80.000 a 100.000.

Prescindiendo de la precisión técnica de la terminología oficial, y aceptando el nombre de *metalúrgicos* que se asigna a los que se ocupan en el trabajo y labra de las primeras materias siderúrgicas, puede afirmarse que entre ellos apenas se cuentan unos pocos grandes industriales y ninguno de la categoría de Krupp, Skoda, Wickers, etc. La capacidad de producción que, entre otros elementos, depende del número de obreros, es muy reducida en general, siendo muchos los talleres que cuentan

con un número dígito de obreros: los menos tienen más de 50 y los que emplean más de 100 son más escasos todavía (véase el apéndice número 1).

Es pertinente indicar la lucha que, con motivo de la guerra mundial, se ha entablado en nuestro país entre los productores siderúrgicos y las manufacturas metalúrgicas de transformación de las primeras materias que aquéllos suministran. Para que la importante industria metalúrgica, transformadora, que tantos elementos proporciona a otras industrias y al ejército, progrese y prospere, es preciso que la siderurgia progrese también, pero que en su desarrollo alimente el mercado nacional en razonables condiciones económicas y no lo desatienda buscando grandes ganancias por la exportación a alto precio de sus productos, que después reingresan manufacturados con perjuicio de la industria nacional.

Quéjense los transformadores metalúrgicos del elevado precio de las primeras materias, lingote de hierro, tocho, palanquilla, laminados de todas clases y plancha, impuesto por los siderúrgicos a quienes atribuyen beneficios enormes por la gran exportación de sus productos, y añaden que las tarifas arancelarias defienden mucho más a los siderúrgicos que a los metalúrgicos, especialmente en maquinaria terminada o elementos de máquinas de todas clases. De aquí la ruda competencia que a los metalúrgicos hace la maquinaria extranjera, como lo demuestra el gran número de casas de venta en comisión de esos y otros productos manufacturados extranjeros.

Arguyen los siderúrgicos que los elementos que intervienen en la fabricación de las primeras materias metalúrgicas han sufrido gran elevación de precios, y sería ruinoso para ellos los que pretenden los industriales transformadores.

No es de este lugar ahondar en esta cuestión, ni en los términos influyentes en la resolución del problema, aranceles, primas de exportación, cargas fiscales, etc. Pero lo que sí se deduce de todo ello es el atraso en que se encuentra la industria metalúrgica de transformación, por la falta de especialización de ciertos productos, especialmente en calderería y maquinaria necesaria a su vez para el desarrollo de otras industrias, y la escasa capacidad productora en el corto número de objetos que fabrica hoy. Y que, para la prosperidad patria y la defensa nacional, se hace preciso emanciparnos de la industria extranjera, favoreciendo el desarrollo de la que hoy existe en nuestro país y la implantación de otras nuevas complementarias de las anteriores.

Refiriéndonos al material de Ingenieros, encontramos, que para tener el de aeronáutica y de aviación, no hay fabricación española de cilindros para el almacenamiento de hidrógeno, no solamente por falta de aceros

especiales al níquel y cromo, sino por carecer de máquinas para la estampa y embutición (1). Tampoco fabricamos las máquinas compresoras; y la fabricación de motores de explosión, puede decirse que empieza a desarrollarse ahora. Y si se observa también la falta de tela cauchotada (2), se vendrá a deducir que la industria nacional es impotente para suministrar el material aeronáutico y de aviación.

En el servicio de automóviles es elemento principal el combustible. Tenemos destilerías de petróleo pero carecemos de la primera materia. Bien es verdad que se inicia la producción nacional del benzol y disponemos de alcohol y materias para carburarlo, como el éter.

No habría de encontrar dificultades la construcción de carrocerías, pero sí la de bastidores y ruedas. Disponemos de aceros moldeados al carbono y fundiciones para los cilindros; la fabricación nacional puede dar frente a esos suministros. En cambio es escasa o nula la producción de los aceros especiales al cromo, al níquel, al vanadio, necesarios para bastidores, cigüeñales, bielas, diferenciales, cadenas de transmisión y elementos del bastidor. Además, estos últimos son de palastros estampados y falta la poderosa maquinaria de estampación.

Cuanto a la fabricación de motores, cuenta hoy España con el importante centro productor de «La Hispano Suiza», que tanto está trabajando para la exportación y ha de establecer nuevos talleres en Guadalajara. La casa Elizalde, de Barcelona, ocúpase en lo mismo, y se inicia la organización de esta industria en Deusto (Bilbao). No obstante, la industria nacional es hoy deficiente para atender las enormes necesidades del automovilismo en campaña, sumadas a las de la aviación, aeronáutica, alumbrado, etc.

Otros varios servicios de ingenieros, que no detallamos por no hacer demasiado extenso este escrito, requieren un mayor desenvolvimiento de la industria metalúrgica transformadora, especialmente en obra de calderería, cerrajería, y maquinaria variada, tanto en máquinas herramientas como en las especiales empleadas directamente en la guerra de campaña y de sitio. (Excavadoras, perforadoras, ventiladoras, etc., etc.)

(1) Cada unidad de tropas de aerostación necesita 1.500 cilindros y sólo hay en los parques 1.300.

(2) Se inicia la fabricación de tela cauchotada en Cataluña (fábrica de Pujol), pero siempre tropezaremos con la falta de caucho, en tanto no se produzca el caucho sintético.

VI

INDUSTRIAS QUÍMICAS APLICABLES AL MATERIAL DE GUERRA,
ESPECIALMENTE AL DE INGENIEROS

Importancia militar de las industrias químicas.—Su desarrollo en España.—Las industrias químicas tan necesarias para los fines de la paz, son indispensables para sostener una guerra y llevarla a feliz término. Su campo de acción es tan extenso, que no hay industria ni aplicación de ella al material de guerra en que no intervenga más o menos directamente. Limitándonos a las que de modo esencial, han de proveer el material de ingenieros, habremos de citar las que producen las siguientes materias:

Hidrógeno para la aerostación.

Combustibles líquidos para los motores de combustión interna empleados en aerostación y aviación, en automovilismo, en alumbrado y proyectores.

Aceites pesados para lubricantes, combustible de los motores Diesel y otros usos.

Carburo de calcio para el acetileno que pueda necesitar la telegrafía óptica y otros servicios.

Elementos de fabricación de las pólvoras y explosivos que en las guerras de campaña y de sitio, en el petardeo y en la guerra subterránea emplea el zapador minador (ya sean estos últimos de la serie grasa como la nitroglicerina, dinamitas y gomas, ya de la aromática, trilitas o tolitas, picrinitas y tetralitas, etc.), y los medios de inflamación pírca de las cargas (cápsulas, mechas, etc.) Aunque la fabricación de estas sustancias, como la de la pólvora de tiro, corresponden al Cuerpo de Artillería, es de un gran interés para el ingeniero el conocimiento de los recursos industriales del país para obtenerlos, ya que exigen características especiales adecuadas al servicio que le está encomendado.

Muy lejos están las industrias químicas españolas de alcanzar el desarrollo y potencialidad productora que exigen las necesidades generales y particulares del ramo de guerra. Se nota la falta de producción de un gran número de sustancias, y en las que se fabrican, la cantidad obtenida es escasa. Apenas existe la *grande industria*, la mayor parte de los productos químicos nacionales proceden de modestas fábricas de la *pequeña industria* y somos tributarios del extranjero en otros muchos.

Y no es que nos falten en absoluto primeras materias, pues si bien carecemos de alguna, como los nitratos sódicos de Chile, de que hemos

importado antes de la guerra más de 45.000 toneladas al año, poseemos otros en cantidad suficiente, como el azufre y salitre y aun con abundancia en algunos, como sucede con la pirita de hierro y ferrocobrizas, base de la fabricación del ácido sulfúrico, y con la hulla, origen de tantos productos y subproductos interesantes para las industrias militares (1).

Tampoco carecemos de *hulla blanca*, como ya en otro lugar hemos hecho notar, y la considerable fuerza hidráulica que representan numerosos saltos de agua, puede dar un contingente aplicable a los procedimientos electroquímicos para la producción del oxígeno, por electrolisis, a la del ácido nítrico por la fijación del ázoe atmosférico, etc.

Varias son las causas del estado de atraso de nuestras industrias químicas; la falta, ya indicada, de la *gran industria*, en grandes fábricas, capaces de producir mucho y barato, porque la producción económica es motivo de extensión de aplicaciones; el empleo de procedimientos electrolíticos y de material y métodos de la técnica moderna, y en fin, ya que no falta elemento director idóneo, educar el elemento obrero apto para esta especialidad. Urgente es atender al desenvolvimiento nacional de una industria que tantos elementos proporciona al material de guerra.

Dejando aparte las industrias químicas que producen materias auxiliares de la agricultura, como son los abonos químicos, especialmente los superfosfatos, el sulfato de cobre, etc., he de referirme principalmente a la producción de materias indispensables para las industrias militares; si bien esta clase de industrias químicas está en cierto modo relacionada con las primeras por ser la agricultura el principal cliente de la actual industria química española, concentrada hoy más principalmente en Cataluña, Valencia y las provincias del Noroeste.

Se inicia un desenvolvimiento de la producción de algunas materias, base de la industria militar, como el benzol y el tolueno, en los centros que cuentan con las primeras materias necesarias. (Peñarroya, Bilbao, etcétera).

Hidrógeno.—Variados son los procedimientos para producir económicamente el gas hidrógeno que necesita la aerostación y aeronáutica militares, a saber (2):

1.º Antiguo método químico de ataque de cinc o hierro por el ácido

(1) La industria del aprovechamiento total de la brea de hulla apenas existe en nuestro país, por falta de mercado nacional de muchos de los subproductos, especialmente de los pesados, que se acumularían en los almacenes por falta de salida.

(2) Empleado, también, en la fabricación catalítica del amoníaco por el método Haber.

sulfúrico. El hidrógeno así obtenido resulta impurificado por hidrógeno sulfurado y arseniado, perjudicial para las telas de los globos y peligroso para el personal.

2.º Producción por electrolisis, de lejías alcalinas, solución de carbonato potásico, etc. (1). El hidrógeno electrolítico es más puro, menos denso y por lo tanto proporciona mayor fuerza ascensional que el obtenido por el método químico.

3.º Por descomposición de la hidrolita (hidruro de calcio) por el agua. La hidrolita se obtiene calentando el calcio en una corriente de hidrógeno, aunque sea impuro y por tanto inaplicable a la aeronáutica.

4.º Método Jaubert. Solución de sosa cáustica, concentrada o diluida, atacando al ferrosilicio o siliciuro de hierro (métodos Lelarge y Schuckert) o por combustión de *hidrogenita* (mezcla íntima en seco, comprimida, de ferrosilicio y sosa cáustica). Al arder, desprende hidrógeno.

5.º Procedimiento Linde, Frank y Caro o de muy bajas temperaturas. Consiste en la liquefacción parcial del gas de agua (la parte de óxido de carbono y de ázoe) que deja en libertad el hidrógeno (2).

6.º Haciendo pasar en una columna de cok al rojo, mezcla de dos terceras partes de aceite de oliva y un tercio de brea.

En el parque aerostático de Guadalajara se obtiene el hidrógeno por el método químico (reacción del ácido sulfúrico sobre el hierro), que produce 150 metros cúbicos al día y por el procedimiento Schuckert, que da 80 metros cúbicos por hora, pero que exige como primera materia el siliciuro de hierro, que ha de importarse. La Sociedad «Oxidrica», de Zaragoza, suministra hidrógeno electrolítico; pero su potencia de fabricación es tan sólo de unos 100 metros cúbicos al día.

En suma, disponemos de poca cantidad de hidrógeno, especialmente del electrolítico, especial para dirigibles. Ciertamente es que, en último resultado, podría emplearse el gas del alumbrado, pero con notable perjuicio para la eficacia del servicio.

Carburo de calcio.—Si bien la gran extensión del alumbrado eléctrico ha disminuído el empleo del gas acetileno, tiene éste numerosas aplicaciones a usos industriales, al trabajo de metales, corte, soldaduras, etcétera.

Es productora de carburo de calcio Cataluña; lo son Zaragoza, que

(1) Y como subproducto en la fabricación de la sosa (fábrica de sosa electrolítica de Flix).

(2) Este método reúne condiciones industriales por la cantidad de gas producida y el precio económico de producción. La fábrica alemana de Brema la obtenía, antes de la guerra, a 14 céntimos el metro cúbico.

fabricó 3.578 toneladas en 1915; Huesca (2.500); Santander (1.600); Coruña, y Málaga, Pontevedra y Teruel en menores cantidades.

Subproductos de las destilaciones de la hulla, indispensables para el material de ingenieros.—1.º Hidrocarburos empleados en la fabricación de los explosivos empleados por las tropas de zapadores minadores, a saber: Fenol, cresol, naftalina, tolueno.

2.º Hidrocarburos empleados como combustible en los motores de combustión interna empleados por las tropas de zapadores minadores en los servicios de automovilismo, aeronáutica y aviación, alumbrado en campaña, etc., a saber: Benzol, aceites pesados utilizables en los motores de explosión Diesel, etc.

Benzol.—Aunque dispusiera nuestro país de numerosas refinerías de petróleo, no darían abasto a las necesidades del consumo diario de gasolina de los automóviles existentes en España, aplicados todos al servicio militar.

Pero hay más, como quiera que falta la primera materia, el petróleo bruto, importado en Europa occidental, principalmente de América y Rumania (1), por grandes que fueran las reservas de este aceite mineral desaparecerían en breve tiempo, y el ejército se vería privado de los importantes servicios de la tracción mecánica.

Hay, pues, que pensar seriamente en la sustitución de la gasolina por otros combustibles de origen nacional. Estos pueden ser el alcohol y el benzol.

El alcohol no satisface por completo las exigencias de la tracción mecánica; si acaso, podría en último extremo emplearse bajo la forma de alcohol carburado (con benzol o éter) para aumentar su poder calorífico, bastante menor siempre que el de la gasolina.

El benzol es un buen sustituto de la gasolina y de este combustible se hace uso en los motores de explosión, y se ha hecho en la guerra actual por los alemanes. Rectificando por tratamientos químicos adecuados el benzol lavado de 90 (2) se obtiene el fluido limpio, sin impurezas, que

(1) Prescindimos de los de Rusia.

(2) El benzol es una mezcla de benceno (C^6H^6), de tolueno (C^7H^8) y xileno (C^8H^{10}).

El benzol a 90 por 100, lavado, es decir, el que pasa a razón de 90 partes por cada 100 en la destilación fraccionada, antes de los 100º, se compone, aproximadamente de:

84 por 100 de benceno cristalizable (C^6H^6)
15 por 100 de tolueno (C^7H^8)
1 por 100 de xileno (C^8H^{10})

El benzol a 50 por 100 es un producto impuro, cuya dosis de benceno no excede del 60 por 100.

no ensucia ni empasta el carburador y tuberías y tiene potencia calorífica casi igual a la de la gasolina, con el mismo volumen y superior a la que posee el alcohol desnaturalizado y el alcohol carburado al 50 por 100 (1).

El benzol, como subproducto que es de la destilación de la hulla, puede ser primera materia nacional aplicable a los motores de explosión; ya sólo, ya como carburador del alcohol, y aplicable también a otros usos industriales (2).

Como subproducto de la fabricación del cok metalúrgico, cada tonelada de hulla coquizada puede dar un promedio de cinco kilogramos de benzol rectificado. También puede suministrarlo las fábricas del gas, obteniendo un 1 por 100 de benzol de la brea de hulla que en la destilación para la producción del gas obtengan. Las proporciones más considerables de benzol pueden suministrarlas las fábricas de cok metalúrgico.

Oviedo produjo 1.108 toneladas de benzol procedentes de los hornos de cok, en 1915, correspondiendo de este total 585 toneladas a la fábrica de La Felguera; 465, a la de Mieres (Ablaña), y 58 a la de La Pereda (hulleras de Riosa).

(1) Comparación de los combustibles para automóviles y motores de explosión.

	Esencia	Benzol 90.	Alcohol desnatura- lizado.	Alcohol carburado al 50 por 100
Densidad a 15°.....	0,7	0,885	0,835	0,854
Potencia calorífica (siendo condensada el agua que proviene de la combustión):				
Calorías.....				
} Por kilogramo.....	11.464	10.033	5.954	7.678
} Por litro.....	8.025	8.879	4.971	6.728
Cantidades de carburante que hay que añadir a un litro de aire a 0° y 760 mm. de presión para obtener la combustión teórica com- pleta:				
En peso.....	0,034	0,09615	0,16829	0,12163
En volumen.....	3,1205	0,1086	2,2018	0,1425
Punto de ebullición.....	50°	81°	78,4°	67°
Punto de congelación.....	-100°	-6° a -8°	-100°	-11°

(2) Es conveniente extender la producción del benzol dadas sus aplicaciones.

El benzol se emplea:

Como carburante del gas del alumbrado.

Para carburar y desnaturalizar el alcohol.

Como combustible en los motores de explosión.

Como disolvente en las industrias de caucho y el desengrasado.

La Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya, en sus fábricas de la provincia de Córdoba, también de los hornos de cok, obtuvo en 1915 unas 200 toneladas; pero en 1916 ha producido mucho más y se propone aumentar considerablemente la producción, de la cual una parte, tal vez grande, se exporta en razón al enorme consumo de combustible líquido para los motores de explosión en sus aplicaciones a la paz y a la guerra. Posible es que se deba a esta circunstancia el elevado precio asignado al benzol A, lavado, que suministra en cantidades limitadas a los consumidores españoles; esto es, 200 a 250 pesetas los 100 kilogramos, o sea 2 a 2,50 pesetas el kilogramo (1). De todos modos, debemos felicitarnos de esta organización en grande escala de la producción de benzol, cuyo exagerado precio actual habrá de descender cuando la guerra termine, y contará la industria española con esta fabricación en grandes proporciones de un combustible, cuyas aplicaciones habrán de extenderse a toda clase de motores para la agricultura y trabajos de todo género, terrestres y marítimos, y a las militares en caso de necesidad (2).

Acido sulfúrico.—No se produce en tanta cantidad como fuera necesario, y no será ciertamente por carencia de primeras materias, poseyendo tan gran riqueza de piritas de hierro. Empléase el ácido, en una gran parte, en la fabricación de superfosfatos.

En la producción de 1915, figura en primer lugar la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya, con 23.000 toneladas obtenidas en sus fábricas de la provincia de Córdoba, siguiendo en importancia Río Tinto (Huelva) con 14.767 toneladas, Valencia con 5.000, Sevilla 4.000, Oviedo con 3.700; estas dos últimas, en sus fábricas de superfosfatos. En Salamanca, la Fábrica de Hijos de Mirat, dedicada a la fabricación de abonos, almidones, ácidos sulfúrico y nítrico y sulfatos de hierro y cobre, produce 16 toneladas diarias de ácido sulfúrico, empleando hornos Malattrá y cámaras de plomo antiguos reformadas, substituyendo el vapor de agua por agua pulverizada a presión. La primera materia (pirita de hierro) procede de las minas del Cerro y Valdelamusa (Huelva).

(1) Siendo el precio de la gasolina de 0,85 a 0,95 pesetas el litro, y tomando como densidad de este producto 0,7, resulta ser de 1,22 a 1,36 pesetas el precio del kilogramo de gasolina; esto es, próximamente la mitad del del benzol, a pesar de que aquélla produce 1,14 veces el número de calorías que éste a peso igual.

(2) Puede producir benzol la Sociedad General de Industrias y Comercio, la Sociedad anónima Cros y otras varias.

La industria minerometalúrgica de Vizcaya y de Asturias puede contribuir en la obtención del cok metalúrgico, al suministró de las cantidades de benzol y de tolueno que necesite el servicio de guerra.

Otras varias sociedades, compañías y fábricas de productos químicos, producen ácido sulfúrico (véase apéndice núm. 2), aplicándolo, en una gran parte, a la fabricación de abonos químicos.

Ácido nítrico.—Este ácido, indispensable para muchas industrias militares, muy especialmente para la fabricación de pólvoras y explosivos, se produce por nuestras industrias químicas en pequeña cantidad.

No es solamente la deficiente cantidad de ácido nítrico producida lo que debe preocuparnos; hay otra circunstancia de más gravedad a que atender, y es la del procedimiento de fabricación que exige una primera materia de que carecemos, el nitrato sódico. El método químico en uso en nuestras industrias químicas, consiste en la reacción del ácido sulfúrico sobre el nitrato de sosa procedente de Chile o del Perú, principalmente el chileno, recogiendo el ácido por destilación y condensación en aparatos especiales Valentiner, Skohlend, Guttman, etc.

España importa anualmente unas 50.000 toneladas de nitrato sódico.

Y si para el presente el problema de obtener la primera materia es de difícil resolución, por la carestía de los fletes, aún lo será más, convirtiéndolo en irresoluble, para el porvenir, ya que los yacimientos chilenos no son inagotables (1) y en caso de bloqueo nos veríamos privados de esta primera materia, como ha sucedido en Alemania.

He aquí por qué nos interesa seguir el ejemplo de esta nación e implantar el procedimiento electrotérmico, ya resuelto técnica e industrialmente, que fija el nitrógeno del aire combinándolo con el oxígeno, bajo la influencia del arco voltaico, obteniendo el ácido nítrico. Poseyendo España abundantes saltos de agua de cuya fuerza solamente se utiliza hoy, aproximadamente, un 10 por 100, los nuevos métodos de producción sintética del ácido nítrico tienen enorme importancia para la defensa nacional.

La fabricación del ácido nítrico y nitratos sintéticos se inicia ya, afortunadamente en España, por la «Sociedad Ibérica del Azoe», cerca de Lérida. De desear es que alcance el más feliz éxito técnico industrial y que tenga imitadores.

Los procedimientos electrotérmicos no son nuevos. El de Pauling (Austria) por enfriamiento de los electrodos de hierro por corriente interna de agua; los clásicos de Birkeland y Eyde, con la modificación de Schoenherr que insufla corriente de aire en un arco voltaico en condiciones y con electrodos especiales; el Hauser de combustión con explosión,

(1) Según M. Vergara, dentro de seis años estarán agotados los yacimientos chilenos de nitrato sódico.

empleando mezcla gaseosa fuertemente comprimida; el de Ostwald de desdoblamiento del amoníaco; el Frank y Caro; el de Livati, han sido aplicados con más o menos feliz éxito, pero siempre con resultados prácticos, en Noruega, Alemania, Austria y Bélgica.

Con hulla blanca o hulla negra, la energía eléctrica convierte los kilovatios en ácido nítrico y nos emancipa del empleo de los nitratos chilenos.

Fabricación de pólvoras y explosivos.—Características de los empleados por los ingenieros militares.—La fabricación de pólvora y explosivos, en las grandes cantidades que necesita la preparación para la guerra y su continuación una vez iniciada, sobre todo si se cuenta con que ha de durar largo tiempo, constituye hoy uno de los grandes problemas militares. Tienen estas materias una doble aplicación militar:

Directa.—Para pólvoras balísticas y de mina. Explosivos rompedores de la artillería y de petardeo y mina del zapador.

Indirecta.—Para los trabajos de laboreo en las explotaciones mineras que suministran al material de guerra las primeras materias.

La industria particular, productora de pólvoras y explosivos, deja mucho que desear. Cuanto a pólvoras, solamente merece mencionarse la antigua fábrica de Santa Bárbara (Asturias), que llegó a obtener apreciables clases de pólvora negra de tiro. En lo relativo a explosivos, por razón de monopolios, enemigos de todo progreso, cuenta nuestro país tan sólo con los productos de la «Unión Española de Explosivos». Las antiguas fábricas de nitramita de Ripoll (Gerona), de dinamitas de La Manjoya, fueron absorbidas por dicha sociedad, que cuenta hoy con cuatro fábricas en actividad, una de ellas, de dinamita, en Galdácano, otras tantas improductivas y cuatro de mechas. Suministra, al consumo nacional, la variedad de explosivos siguientes:

Dinamita de base inerte, con proporción de 30 a 75 por 100 de nitroglicerina.

Gomas explosivas.

Nitramitas al 85 por 100 de nitrato amónico y 12,5 por 100 de binitro naftalina.

Grisutinas.

Las nitramitas y grisutinas son poco aplicables a los usos militares de la ingeniería por su relativamente reducida energía potencial, ya que al obtener de ellas, como explosivos de seguridad, temperaturas de detonación inferiores a 2.200° con el fin de evitar el peligro de la inflamación de las mezclas detonantes de metano y de aire en las hulleras grisutosas y velocidades de detonación no muy elevadas, se rebaja su poder

rompedor. Además, los nitratos amónicos y otros cuerpos que entran en su composición, restan al conjunto la cualidad indispensable de estabilidad física.

Las gomas y dinamitas, especialmente estas últimas, si bien producen gran número de kilográmetros de energía potencial y grandes velocidades de detonación, no gozan de las cualidades de estabilidad física, química y mecánica, que reclaman las aplicaciones militares de la ingeniería.

No obstante esto y a falta del explosivo tipo para estas aplicaciones, se podría hacer uso de ellos; pero, como veremos, esta industria particular en su estado actual, está lejos de satisfacer las necesidades militares.

El explosivo que han de emplear las tropas de zapadores minadores, ha de tener características especiales. Presión, energía potencial, velocidad de detonación muy grandes para que lo sea su acción rompedora aun sin atraques y las condiciones generales de estabilidad física, química y mecánica aunque esta última no en tan alto grado como lo que exigen los explosivos de carga interior de las granadas, de modo que puede aceptarse que sea un poco menor que la de estos últimos a cambio de una mayor fuerza rompedora.

El Cuerpo de Ingenieros es el llamado a fijar las cualidades del explosivo que ha de emplear en su servicio, así como las de la *pólvora negra de mina* aplicada a la guerra subterránea.

Las dinamitas, ya sean de base inerte o activa, no tienen la estabilidad física, química y mecánica que reclama su empleo en la guerra; son especialmente, demasiado sensibles a los choques y los del balín del Shrapneel y bala de fusil determinan su detonación. Por este motivo, dejando aparte los explosivos de la serie grasa, encuéntrase en los de la serie aromática los más apropiados para las aplicaciones militares de la ingeniería (1).

Entre estos últimos, haremos mención de la trilita, picrinita y tetralita.

La trilita (trinitrotolueno), no es otra cosa que la *tolita*, empleada en el ejército belga a fines del pasado siglo; ya sola, ya mezclada con nitratos para aumentar su potencia rompedora, como la *macarita*, mezcla de 28,1 por 100 de trinitro tolueno y 71,9 por 100 de nitrato de plomo (propuesta en 1899 en Bélgica, para carga de granadas y torpedos). Tiene las de-

(1) No hay, hasta el presente, noticia cierta de que la guerra actual, terrestre y marítima, haya dado a luz nuevos explosivos de energía potencial mayor que la de los conocidos.

seadas cualidades de estabilidad, es inalterable al aire, humedad y calor moderado y no tiene acción sobre los metales y sus óxidos. Su inalterabilidad por los choques es mayor que la de la picrinita y tetralita, de aquí las ventajas de su aplicación a la carga de las granadas; pero la velocidad de detonación y fuerza rompedora son algo inferiores a las de aquellos explosivos.

La picrinita (trinitro fenol) es, como hemos dicho, más alterable por la humedad, y en contacto con los metales forma picratos peligrosos, pero es algo más rompedora que la trilita.

Finalmente, la tetralita (tetranitro metilo anilina) aventaja a los dos explosivos anteriores en potencia rompedora; es algo más sensible al choque, pero no detona por el de la bala de fusil, y esta mayor sensibilidad tiene sus ventajas, porque no exige detonadores tan enérgicos y se asegura más fácilmente la detonación completa de las cargas.

Primeras materias para la producción de pólvoras y explosivos.—Para la fabricación de pólvoras balísticas y explosivos, son necesarias estas primeras materias: algodón, glicerina, naftalina, fenol, cresol, tolueno y otros hidrocarburos de la serie aromática, nitratos amónicos, ácidos sulfúrico y nítrico y éter sulfúrico.

En la pólvora negra, son primeras materias el nitrato potásico (salitre), azufre y carbón.

Glicerina.—La glicerina, producto secundario de la saponificación de las materias grasas que da como productos primarios los ácidos esteárico, oléico y margárico, es fácil de obtener de las numerosas fábricas de bujías y de jabón.

Ácidos sulfúrico y nítrico.—Cuanto a los ácidos sulfúrico y nítrico, que tan principal intervención tienen en la fabricación de explosivos, ya se ha indicado anteriormente, la situación actual de producción. Hay que añadir, no obstante, por lo que respecta a la fabricación de explosivos, que si el ácido sulfúrico ordinario producido por la industria química no es muy abundante, es más escaso todavía el llamado *oleum* (solución de anhídrido sulfúrico en el ácido monohidratado), aplicable a la regeneración de los ácidos residuales de la nitración, y lo mismo acontece con el ácido nítrico fumante, de 90 por 100, por lo menos, de monohidrato.

Celulosa.—El algodón, materia que por su gran proporción de celulosa se utiliza para su nitración, procede de América, Egipto e India. El empleado en la fabricación del algodón pólvora o nitrocelulosa, ha de ser rico en celulosa y no ha de tener sino muy pequeña proporción de materias extrañas, grasas, resinosas y ceras, cloruros y cloro libre, a fin de que el producto nitrado tenga la potencia balística necesaria y una

gran estabilidad que evite los peligros de las descomposiciones espontáneas.

A falta de algodón, se han buscado substitutivos tales como el salvado, paja, de escaso resultado; el cáñamo, lino y ramio, de fácil nitración y productos de suficiente rendimiento y estabilidad. La materia que parece haber dado mejor resultado es la fabricada por los alemanes con el nombre de *algodón de madera* y *uata de madera*, que contiene gran proporción de celulosa pura y absorbente, aplicada con éxito al material de curación, y que se nitra muy bien. Supónese fundadamente, que ha sido empleada por los alemanes, privados, por efecto del bloqueo, de los algodones vírgenes. La *Papelera Española* fabrica la uata de madera por los procedimientos alemanes.

Lo que nos interesa es una primera materia nacional, no exótica.

Cresol, Fenol, Naftalina.—Como subproductos de la destilación de la hulla, no pueden faltarnos, ya que disponemos de grandes cantidades de este combustible. Todo está en organizar la producción.

Tolueno.—Interesante su producción como primera materia de la fabricación de la trilita (trinitrotolueno).

Obtiénese el tolueno por destilación fraccionada (entre $+105^{\circ}$ y $+115^{\circ}$) de los bencoles que tienen, además de agua, parafinas y naftalinas, en la proporción siguiente por 100:

	Tolueno. ($C^7 H^8$)	Benceno. ($C^6 H^6$)	Xileno. $C^8 H^{10}$
Benzol al 90 por 100.....	14,85	80,92	2,18
Benzol al 50 por 100.....	40,32	45,37	12,44
Benzol al 10 por 100.....	73,42	13,54	11,69

La producción de tolueno depende de las cantidades disponibles de benzol, materia tan necesaria como combustible para los motores de explosión que emplea el material de ingenieros, y a lo que del benzol, decimos en otro lugar (servicio de automovilismo y aeronáutica) nos referimos.

Existiendo en España muchas fábricas de gas y de cok metalúrgico, no debe faltar tolueno; no hay más que organizarla para iniciar o intensificar esa producción. Peñarroya, puede hacerlo; se va a iniciar, según parece, en Vizcaya; ya lo produce, aunque en pequeñas cantidades, la fábrica del Puig (Valencia) de los S. S. Martínez y Mora, empleando al efecto como materias primeras, aceites brutos ligeros y también productos del lavado de gases de los hornos de cok (véase apéndice núm. 2).

Eter sulfúrico.—Cerca de 600 toneladas anuales consume la fábrica de pólvoras de Granada; lo adquiere en la industria particular, a elevado precio (fábricas de la Sociedad Leonesa de productos químicos y otras establecida en Granada). En la actualidad, la casa Egrot & Grangé, de París, tiene establecidos dos tipos de aparatos que fabrica para las piro-

tecnias que hoy trabajan; uno permite la producción de 2.500 kilogramos diarios y otro 5.000.

Materias inertes para la fabricación de la dinamita.—No disponemos del *kieselgür* alemán (tierra de infusorios), ni de la *randanita* francesa. Se apela al polvo de ladrillo o de cok, mucho menos absorbente que las materias citadas, dando lugar a peligrosas exudaciones de nitroglicerina en los cartuchos.

Gases asfixiantes y lacrimógenos.—Líquidos inflamables.

Las tropas alemanas hicieron uso por primera vez de los gases asfixiantes en la Flandes belga, el 22 de abril de 1915 y siguieron empleándolos después, tanto en la ofensiva como en la defensiva. Ahora no se habla tanto de ellos en las noticias de la guerra.

Para dirigir al enemigo los gases asfixiantes (1), han empleado los alemanes, separada o simultáneamente, los procedimientos siguientes: combustión, delante de las trincheras, de cuerpos que desprenden anhídrido sulfuroso o formol gaseoso; proyección de chorros de gases de cloro y vapores de bromo, por medio de recipientes metálicos, colocados en las trincheras, que contienen cloro y bromo líquidos; lanzamiento a brazo, con catapultas o cañones, de globos de vidrio o proyectiles llenos de los líquidos productores de gases asfixiantes.

Parece ser que se ha hecho más frecuente uso de los dos primeros procedimientos, especialmente del segundo. El efecto nocivo de los gases asfixiantes se ha dejado sentir hasta 2 kilómetros a retaguardia de la línea más avanzada de trincheras y el olor ha llegado a percibirse a 5 kilómetros de distancia del punto en que fueron proyectados.

Varias son las cualidades que han de tener los gases asfixiantes: gran poder tóxico; preparación fácil y económica; fácil liquefacción para poder encerrarlos en recipientes metálicos (cilindros de acero de 25 centímetros de diámetro y 1,20 a 1,35 metros de largo); densidad mayor que la del aire, para que no se eleven y difundan en la atmósfera, sino que resbalando sobre el terreno, a impulso del viento, caigan en el fondo de las trincheras y excavaciones subterráneas; poca solubilidad en el agua para que la de lluvia y la humedad del suelo, no los absorba.

Larga es la lista de los gases asfixiantes; pero los probablemente empleados son principalmente el cloro y bromo (vapores).

Fúndase esta hipótesis en las grandes cantidades de cloro y bromo que produce Alemania. El cloro líquido, que aplican a numerosas indus-

(1) Se trata del empleo de esta arma en la guerra de trincheras. En los frentes defensivos, compuestos de tres zonas, la avanzada, la de resistencia y la de acantonamiento, cuyo fondo comprende 8 a 10 kilómetros, las trincheras enemigas de la zona avanzada están separadas tan sólo de 10 a 150 metros.

trias, lo encierran a presiones no muy elevadas (1) en sifones de acero en donde se conserva tan bien como el ácido carbónico. Es fácil el desprendimiento del cloro gaseoso aun a bajas temperaturas.

Obtiénese el cloro en gran cantidad como subproducto en la fabricación de la sosa por electrolisis del cloruro de sodio. No nos falta esta primera materia, y varias fábricas, entre otras las de Flix y Torrelaguna, producen de este modo cantidades de cloro de bastante consideración.

No es de extrañar que los alemanes hayan hecho uso en grandes proporciones del bromo, porque disponen de abundantísima materia que les suministra las salinas de Theordorshalle y Stassfurt. Las aguas madres de estas salinas, especialmente las de esta última, contienen proporción considerable de bromo en forma de carnalita bromurada acompañada de carnalita clorurada (2). El procedimiento de A. Frank (1865) y los que le han sucedido, tiene por base la separación, por el cloro, del bromo contenido en las aguas madres. Empléanse también procedimientos electrolíticos.

Alemania producía casi todo el bromo consumido en Europa; y como el campo de aplicaciones no es muy extenso, han tenido a su disposición, para las aplicaciones militares, grandes cantidades.

No existe la fabricación del bromo en España; pero tal vez se podría obtener de nuestras salinas.

Gases lacrimógenos.—Los gases lacrimógenos, entre los cuales se cuenta el bromuro de cianógeno, no ejercen acción tóxica, pero excitan el lagrimeo hasta el punto de inutilizar momentáneamente al combatiente.

Líquidos inflamables.—Uno de los líquidos inflamables empleados por los alemanes es la gasolina mezclada con aceite de brea. Contenidos en un recipiente metálico, provisto de manga, que tiene una llave de paso, en comunicación con un cilindro de acero en el que se ha almacenado, fuertemente comprimido, anhídrido carbónico, la presión que este último ejerce en el líquido inflamable, determina su expulsión por la manga, que tiene una disposición especial para inflamarlo. El recipiente y compresor son llevados a la espalda, por un soldado, a guisa de mochila; y por la maniobra de la llave de paso, se regula el chorro de líquido, que puede lanzar un haz de llama hasta 40 metros de distancia. Para aumentar el alcance empléase un proyector parecido al descrito, de mayor potencia, colocado sobre un caballete, que lanza el líquido sin inflamar, y

(1) La presión para mantener el cloro líquido, depende de las temperaturas. A 30° bajo cero, basta la presión de 1,2 atmósferas; a 10°, la de 2,63; de 3,66, a cero grados; 4,95 atmósferas, a 10°; 8,75, a 30°, y 11,50, a 40°.

(2) La carnalita es un cloruro doble de potasio y magnesio. Las aguas madres de las salinas de Stassfurt rinden 3,500 gramos por metro cúbico.

la inflamación se obtiene, a voluntad, mezclando con este chorro el del líquido inflamado que dirige un soldado, provisto del aparato mochila antes citado.

VII

INDUSTRIAS ELÉCTRICAS

Estado general.—La fabricación de material eléctrico, va tomando algún vuelo en España; pero todavía no se halla en situación de producir, en cantidad y calidad, todo lo que necesita el material de guerra, en maquinaria, aparatos de telefonía, telegrafía y radiotelegrafía, elementos accesorios, acumuladores, lámparas, alambres y cables, carbones, etc.

Demuestra esta verdad y nuestra dependencia del extranjero, que es consecuencia del hecho que exponemos, las elevadas cifras de importación de material eléctrico. El cuadro siguiente contiene el valor en pesetas de los principales objetos del material eléctrico importado en los años 1912 y 1913 y en los primeros diez meses de los años 1914 a 1916.

Valor en pesetas de las importaciones.

	EN TODO EL AÑO		EN LOS DÍAS PRIMEROS DE MES		
	1912	1913	1914	1915	1916
Dinamos, electromotores, etc., hasta 100 kgs. inclusive de peso.....	3.452.750	5.431.829	3.182.621	1.468.860	1.949.150
Idem id. de 101 a 400 kgs.....	1.938.980	3.504.990	1.685.640	750.493	1.351.349
Cuadros de distribución e interruptores hasta 400 kgs.....	652.661	617.962	393.167	285.673	469.200
Dinamos, electromotores, cuadros de distribución, etc., de 401 a 2.500 kgs.....	4.615.786	6.903.779	3.088.615	885.438	1.869.923
Idem id. de 2.501 a 5.000 kgs...	1.107.433	2.287.573	1.453.226	430.176	344.303
Idem id. de 5.001 en adelante.	5.072.906	9.976.387	5.820.413	713.622	2.166.509
Acumuladores y pilas eléctricas.....	220.346	272.314	175.347	86.152	121.683
Cables para la conducción de la electricidad desde un centímetro grueso en adelante..	2.044.938	3.726.616	1.659.903	87.190	96.547
Los demás cables y los alambres cuyo grueso sea inferior a un centímetro.....	594.211	502.381	286.309	57.030	96.064
Aparatos para telégrafos y teléfonos.....	1.965.535	4.438.914	2.409.420	1.609.790	3.776.809
Lámparas de arco voltaico....	202.341	197.652	113.472	12.880	16.288
Carbones para lámparas de arco voltaico.....	123.036	124.729	91.719	31.288	5.613
Electrodos para metalurgia...	89.950	28.831	34.098	38.799	51.055
Bombillas eléctricas para incandescencia, con montura.	5.791.902	5.281.791	2.712.820	2.036.237	1.786.463

El principal centro industrial de fabricación de material eléctrico es Cataluña; y he aquí cómo describe el Sr. Vidal Guardiola el estado de adelanto y prosperidad en que se encontraba hace tres años, poco diferente del actual, calificado como «primer período de adaptación a las condiciones especiales de producción y de consumo de nuestro país (1)».

A tres cosas se refiere principalmente para resumir la historia de la industria electrotécnica en España:

«La industria eléctrica», «La electricidad de Sabadell» y «Planas Flaquer y Compañía». El iniciador fué el Ingeniero D. Luis Muntadas, desde 1892. Sus éxitos al principio animaron a ampliaciones que en 1897 dieron lugar a una sociedad por acciones con millón y medio de capital.

Para sostener la casa a la altura de su mayor importancia, se entró en una combinación con la «C^{ie} de l'industrie électrique de Gêneve».

«Este hecho que era ya un signo de debilidad interna, no tardó mucho tiempo en ser seguido por otros igualmente significativos de que faltaba en España preparación suficiente, en lo relativo a la capacidad del consumo, para sostener y arraigar una gran industria eléctrica.

»A pesar de los esfuerzos desesperados de la casa para estudiar y acreditar modelos propios en motores, lámparas, ascensores, etc., la competencia del extranjero en donde se había realizado ya una formidable concentración de la fabricación electrotécnica y en donde se producía a un coste tan bajo como nunca podrían pensar en alcanzar las fábricas nacionales, puso al cabo de poco tiempo en serio peligro la rentabilidad y aun la existencia del capital empleado. El ejemplo de la casa Planas, Flaquer y Compañía, en cuanto quiso extender su producción y fabricar aparatos electrotécnicos, marchó de fracaso en fracaso, hasta su desaparición poco gloriosa, intimidó a los directores.

»Dos circunstancias exteriores facilitaron la solución: la promulgación de la ley de protección a la industria nacional de 14 de febrero de 1907 y los esfuerzos realizados por las dos grandes casas alemanas «Siemens-Schuckert» y «Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft» para obtener la hegemonía del mercado español, aunque muchos afirman que esta competencia nunca ha sido encarnizada. Ambas circunstancias hacían muy aconsejable para la empresa extranjera que quisiese dominar el mercado nacional la absorción de alguna empresa ya existente en España. La casa Siemens fué más hábil, y en junio de 1910 se constituyó la

(1) Informe presentado en el VIII Curso internacional de Expansión comercial celebrado en Barcelona. Citado en el interesante opúsculo del Vizconde de Eza, *La posibilidad de España ante las futuras luchas económicas. 1916.*

nueva Sociedad «Siemens Schuckert Industria eléctrica» con un capital de 4.500.000 pesetas.

»Es de altísimo interés conocer la división del trabajo que se ha ido restableciendo entre la fábrica situada en Cornellá, cerca de Barcelona, y las fábricas principales de la casa Siemens en Alemania. Los que se podrían llamar artículos electrotécnicos del consumo de masa, cuya producción es tan sumamente barata, que sólo resulta provechosa si se realiza en gran escala, como por ejemplo, interruptores, cortacircuitos, aparatos contra sobretensiones y descargas atmosféricas, no se fabrican aquí, lo mismo que la mayor parte de las lámparas eléctricas. Tampoco se fabrican aquí aparatos que podrían llamarse anormales, sea por su excesivo peso, fuerza, o por su especial complicación y por requerir estudios y ensayos técnicos especiales de los que no se dispone aquí. La fábrica de Cornellá, que cuenta ya con más de 500 obreros, construye principalmente transformadores hasta 300 kilovatios amperes y para una tensión de hasta 25.000 voltios, dinamos y motores hasta 200 HP, cajas de distribución, etc. También se funden en Cornellá las piezas mecánicas necesarias para los aparatos electrotécnicos. En resumen, no se producen aquéllos que las grandes fábricas del extranjero nos venden a precio baratísimo, ni aquéllos que dichas grandes fábricas sólo pueden producir gracias a disponer del personal y utillaje técnico más moderno. Estas experiencias aquí recogidas van siendo aprovechadas por otras casas como las de «Vivó, Torres y Compañía», de Barcelona; «Gibert y Boria», de Tarrasa, fundada esta última en 1911 y, sobre todo, por la «Electricidad de Sabadell», cuya historia es análoga a la de la «Industria Eléctrica», si bien aquélla ha podido conservar hasta hoy su independencia. Fundada en 1896 con tres socios colectivos que quedaron reducidos a dos en 1908, tomó en 1911 la forma de Sociedad Anónima con un millón de pesetas de capital. Esta casa tiene también importancia en el ramo de mecánica. Trabaja con capital exclusivamente catalán, produce anualmente unas 2.800 máquinas y emplea cerca de 400 obreros.

»La industria eléctrica no puede en general aducir queja alguna contra la protección aduanera de que goza. El principal defecto de ésta consiste seguramente en su poca especialización, con lo que resultan a veces gravados con los mismos derechos artículos diversos, algunos de los cuales han sufrido apenas elaboración alguna y otros son artículos avalorados por el trabajo. A esta circunstancia debe atribuirse, a menos en parte, el poco desarrollo de la industria de los cables eléctricos en España a pesar de que casas como la Compañía Española de cables eléctricos y Pirelli y Compañía se esfuercen por arraigarla aquí.

»Tampoco han conseguido apoderarse del mercado las diversas pe-

queñas fábricas de lámparas eléctricas que se han abierto en Barcelona y sus alrededores durante los últimos años. En cambio parece que la fábrica de carbones eléctricos de San Vicente de Llobregat no sólo se está poniendo en condiciones de surtir el mercado nacional (uno de sus clientes importantes son las fábricas de carburo de calcio), sino que también aspiran sus directores a organizar provechosamente la exportación.*

En el apéndice número 3 se da cuenta de las principales fábricas de material eléctrico. En él podrá observarse lo necesitados que estamos de ampliar, intensificar y perfeccionar la industria eléctrica. Ni la maquinaria eléctrica producida es lo que debiera en cantidad y calidad, ni fabricamos todos los aparatos e instrumentos de telefonía y telegrafía, de electrometría y material científico; ni la trefilería española de cobre y acero, ni la manufactura de conductores y cables corresponde a las exigencias de las aplicaciones de la electricidad.

Material eléctrico de Ingenieros.—Por lo que se refiere al material de Ingenieros, el de las tropas de Telégrafos se adquiere, casi en su totalidad en el extranjero: cables, teléfonos, aparatos Morse y accesorios, etc. Unicamente son de fabricación española los heliógrafos y aparatos Mangín (1). La industria española tampoco suministra al zapador minador el material de inflamación de minas, cables, galvanómetros, explosores, magneto y dinamoeléctricos, etc. En el mismo caso se encuentra el material radiotelegráfico de estaciones fijas y de campaña. La Compañía A. E. G. las construye eventualmente en España, en razón a que la *Telefunken* no puede importarlas; pero se trata de talleres de poca importancia llamados a desaparecer cuando termine la guerra y pueda venir a nuestro país el material Telefunken.

La construcción del material eléctrico de los Ingenieros del ejército no sería difícil realizarla por la industria civil, siempre que ésta dispusiese de las primeras materias. En los establecimientos fabriles que a su cargo tiene el Cuerpo de Ingenieros ya se construye, en parte: galvanómetros y explosores dinamoeléctricos tipo Siemens Halske, en los talleres de Guadalajara; y estaciones radiotelegráficas completas, con sus alternadores y motores, en los del Centro Electrotécnico de Madrid. Es hora de pensar en poner a la industria civil en estado de ser *movilizada* para esta clase de suministros, ya que en épocas normales la escasa demanda del ejército no basta para alimentar, por sí sola, centros de producción exclusivamente dedicados a estas especialidades.

Entre tanto, urge ampliar la fabricación económica de cable delgado, para telefonía y devanados, de que tan gran consumo se hace, para lo

(1) Excepto las lentes.

cual es necesario que la trefilería esté en disposición de suministrar alambres finísimos, de pocas décimas de milímetro de diámetro, de cobre y acero. Siempre se tropeza con el escollo de la carencia de materias aisladoras. También se hace notar la falta de buena ebonita.

VIII

MATERIAL DE TRANSPORTE.—CAUCHO.—INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y OTRAS

Material de transporte.—En la guerra es elemento de victoria la energía medida en unidades mecánicas; interviene la masa y su movimiento, o sea el número y la movilidad. La influencia del número es indiscutible; con la velocidad se realiza esta aparente paradoja: «ser más fuerte que el enemigo disponiendo de menores contingentes», o como decía Napoleón: «ser superior en el punto decisivo». Es el modo de suplir la inferioridad numérica con la rapidez de los movimientos.

De aquí la importancia militar de la tracción mecánica y la verdad indiscutible de que la locomotora y el automóvil sean hoy instrumentos de guerra principalísimos.

Sólo a favor de la locomotora y del automóvil se ha podido realizar en la guerra actual el fantástico trasiego de millones de hombres y de toneladas del variado material de Intendencia, Sanidad, Artillería e Ingenieros. El gigantesco esfuerzo consumado por los ferrocarriles al servicio de la guerra demuestra que la locomotora, el carril y el automóvil, son armas tan importantes como el cañón y el fusil. Y la historia de las campañas modernas evidencia que la red ferroviaria más completa y de mayor potencia de tráfico, la mejor coordinación técnica de las líneas paralelas y transversales con relación a las de costas, fronteras y obstáculos naturales, así como la mejor organización del servicio, son factores capitales para iniciar guerra, alimentarla y conducirla a feliz término (1).

La guerra ha ofrecido nuevas aplicaciones de la vía férrea. En los ferrocarriles de vía normal, han circulado plataformas que han servido de cureñas para piezas de artillería pesada, y los de vía estrecha se han utilizado en la guerra de trincheras. Por ejemplo, en el frente francés occidental, asíéntase en el fondo de las trincheras y de los ramales de comunicación una verdadera red ferroviaria del tipo Decauville, para el abastecimiento de alimentos y municiones.

(1) «Las Ciencias y la guerra». Discurso inaugural del V Congreso de la Asociación para el progreso de las Ciencias, celebrado en Valladolid en octubre de 1915. Por D. J. Marvá y Mayer.

Cada Cuerpo de ejército explota varios kilómetros de vía. En la parte situada en las trincheras y ramales alejados de la primera línea, la vía es de 0,60 metros de ancho y opérase la tracción por pequeñas locomotoras. Más a vanguardia empléanse caballos para la tracción, y esta red se completa con vía de 0,40 metros, por la que circulan pequeñas vagonetas empujadas a brazo.

Es tan evidente la importancia de los transportes para la defensa nacional, que estimamos inútil extendernos más en la demostración de una verdad que está en el ánimo de todos. La locomotora y el carruaje automóvil constituyen hoy un elemento indispensable para la vida y fomento de las industrias en tiempo de paz, y el arma insustituible de la concentración, movilización, aprovisionamiento y empleo táctico y estratégico de los ejércitos.

Recientemente se ha tenido ocasión de observar las consecuencias que ha sentido la vida nacional por las deficiencias de la red ferroviaria y la escasez del material de transporte. Dedúzcase de ello lo que ocurriría en un conflicto bélico. Ni las compañías de ferrocarriles disponen en toda la extensión de sus líneas de la doble vía, ni cuentan siquiera con el material de transporte por kilómetro que están obligadas a tener.

Si a estas deplorables circunstancias se une el estado de atraso y de capacidad productora de los centros industriales que han de suministrar el material fijo y móvil, se tendrá el cuadro demostrativo de la situación desfavorable.

La potencia de fabricación del material fijo y móvil de ferrocarriles no está a la altura de las necesidades. Tenemos, sí, grandes centros siderúrgicos como Altos Hornos de Bilbao que producen carriles de todas clases para vías de diversos anchos y los exportan en cantidades crecientes; la Vizcaya (Bilbao) y Material para ferrocarriles y Construcciones y Talleres Nuevo Vulcano de la Sociedad de Navegación e Industria (Barcelona), producen elementos del material fijo de vía; pero en material móvil (vagones, furgones, coches, etc.), la construcción está limitada a los talleres de Beasain, de la Sociedad Española de Construcciones Metálicas, que ha tenido recientemente grandes pedidos para el extranjero; la fábrica «Material para ferrocarriles» del Ingeniero Orueta en Gijón, y alguna otra, de escasa capacidad de producción de elementos de estos vehículos.

Y cuanto al instrumento de transporte, la locomotora, solamente puede contarse con los talleres de «La Maquinista terrestre y marítima», de Barcelona.

El material fijo y móvil de vía estrecha de campaña, empleado por los ferroviarios militares, ha sido, hasta aquí, de procedencia extranjera;

tipo Dolberg, de Austria; Decauville, francés; el Koppel, etc.; pero podría construirse, seguramente, en los talleres antes mencionados.

Lo grave del problema consiste en la pequeña capacidad de producción de nuestras fábricas, especialmente en locomotoras.

Por lo que respecta a la construcción de automóviles, ya hemos indicado en otro lugar el estado de la industria española que puede calificarse de *incipiente*. La «Hispano Suiza» y Elizalde (Barcelona), son los centros constructores (1). Existen numerosos talleres de reparación (véase apéndice núm. 4). Las dificultades que encuentra el desarrollo de esta industria consisten en la falta o deficiente producción de algunas primeras materias (caucho, aceros especiales), necesidad de importar máquinas herramientas y escasez de buenos obreros.

Cuanto a la construcción de los carros de tracción animal, aparte de las maestranzas militares de Artillería, Ingenieros e Intendencia, existen numerosos talleres de carretería, generalmente de poca importancia.

Caucho.—Materia primera, importante en el material de los ejércitos de que se hace enorme consumo, sobre todo para el automovilismo rápido y de transporte, y de que se carece en Europa, que importaba anualmente, antes de la guerra, cerca de 80.000 toneladas, en su mayor parte (65 por 100) de la América del Sur, especialmente del Brasil y también de Africa y S. E. de Asia.

La dificultad de las importaciones de caucho y el enorme consumo que se hace de esta materia, hace cada vez más interesante la resolución del problema de la fabricación industrial del caucho sintético, vulcanizable y de fácil manufactura, que Fritz Hoffmann inició en 1909. Alemania, privada del caucho natural por el bloqueo, ha debido intentarlo.

En los diez primeros meses del año 1916, importamos caucho, goma y gutapercha sin labrar, por valor de 8.299.137 pesetas y 377.382 pesetas de este material labrado en tubos y mangueras. Los bandajes macizos de caucho, para ruedas de carruaje, importados, valieron 1.247.539 pesetas y las cubiertas y cámaras de aire para igual objeto, 9.643.434 pesetas.

La casa Pirelli, de Villanueva y Geltrú, inició la fabricación de bandajes macizos, y la de Klein (Barcelona), la de camisas y cubiertas.

Industrias de la construcción y otras.—Los materiales de construcción que tienen más aplicación a la guerra son los metálicos, especialmente el hierro y el acero, el cemento y la madera.

(1) En los talleres del Centro Electrotécnico de Ingenieros del Ejército en Madrid, se construye toda clase de automóviles a excepción de los motores.

En otro lugar se ha indicado la situación de las industrias minero-metalúrgicas y las del trabajo del hierro y del acero. La mayor parte de las fábricas siderúrgicas, Altos Hornos de Bilbao, Fábricas Asturianas de Miéres; La Felguera, etc., están en disposición de construir toda clase de entramados metálicos. La Sociedad Española de Construcciones Metálicas, en sus talleres de Madrid, la Maquinista Terrestre y Marítima (Barcelona), Sociedad Jareño de Construcciones Metálicas (Madrid), Metalúrgica de Utebo, Constructora Gijonesa y otras muchas (véase apéndice número 1), construyen toda suerte de entramados metálicos.

La producción nacional de cementos aumenta continuamente, mereciendo citarse, entre otros, los de Asland (Cataluña), Tudela Vegin (Oviedo), Olazagutia (Navarra), Rezola (Guipúzcoa), que con los de otras marcas (1) nutren el mercado nacional, haciendo cada vez menores las importaciones y exportando, a su vez, cantidades crecientes cada año (2).

He aquí la producción de cemento en 1915:

Cemento natural: 300.749 toneladas. Barcelona y Gerona entran en este total, respectivamente, con 85.530 toneladas y 80.761. Sigue después en orden de importancia Guipúzcoa con 55.850 toneladas; Baleares, 30.118; Tarragona, 27.390; Lérida, 15.000, y Huesca, con 6.100.

Cemento portland: 175.596 toneladas, correspondiendo la mayor cantidad a Barcelona (10.300), siguiendo después en orden de importancia Navarra (43.500), Guipúzcoa (40.000), Guadalajara (37.256), Oviedo (30.000), Santander (12.000), Málaga (4.000), Zaragoza (3.450) y Valencia (2.000).

Los montes españoles no bastan a cubrir las necesidades nacionales, y de aquí la gran importación de maderas en rollo, en tablón y tablas, de Suecia y Noruega, América y Rusia. Disminuida esta importación por el aumento de precio de los fletes a causa de la guerra, se ha sentido escasez de estos materiales, y la carestía consiguiente.

Dispónese de bastantes serrerías y carpinterías mecánicas, que pueden dar solución a la construcción de las obras de castrametación que fueron necesarias. (Véase apéndice núm. 4.)

(1) Pulpo (Cataluña), Esquivias (Toledo), Centauro (Granada), Matillas (Guadalajara), Pieras, Monar, Reynés y Güell (Mallorca), Feuiz Quinto (Zaragoza), Montaña (Santander), Aguila. León, etc.

(2)

	Diez primeros meses de	
	1914	1915
Importación, en toneladas, de cales, cementos y puzolanas.	48.624	11.562
Exportación en id. de id. id.	6.362	7.620

Las industrias textiles españolas están en disposición de satisfacer las necesidades militares, pero contando con algunas primeras materias importadas, algodón, yute, algo de cáñamo de Italia, etc. (1). Las fábricas de tejidos, de saquerío, de cordelería, son numerosas y han suministrado grandes cantidades de sus productos a las naciones beligerantes.

Para no dar demasiada extensión a este ligero bosquejo de las industrias relacionadas con el material de guerra, dejan de incluirse en él las del vidrio y cristal, cueros y pieles y alguna otra; pero habremos de dejar consignada la deficiencia o carencia absoluta de la fabricación de lentes y espejos para proyectores y aparatos de óptica y de topografía.

IX

EL FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL

El desarrollo de la industria nacional, elemento indispensable para la prosperidad del país y el mantenimiento, en paz y en guerra, de nuestra personalidad jurídica internacional, es función de estas tres cualidades: instrucción técnica, perseverancia, unidad de esfuerzos.

Il est certainement possible, sans instruction scientifique, de copier ce qu'a fait un voisin plus savant et meme d'y apporter par fois au prix d'efforts enormes, de petites ameliorations de detail; mais l'industriel qui se contente de faire de la science sans le savoir, reste loin derriere ses concurrents plus instruits. (H. Le Chatelier.)

No os adormezcais nunca—dice un proverbio americano—pensando en que una cosa es imposible, porque os despertaréis con el ruido que hará vuestro vecino al realizar aquella cosa misma.

«Yo he visto de cerca la organización germánica. En ella, la coordinación de todos los esfuerzos hacia el bien general es una regla absoluta (2).»

Y por último, tengamos siempre presente el conocido lema, *Si vis pacem para bellum* y atendamos incesantemente al fomento de la industria nacional. Es de tal importancia el problema, que no terminaremos este modesto trabajo sin copiar las bases propuestas por el señor Vizconde de Eza que dicen así:

(1) En los diez primeros meses del año 1916, se importaron 1.920 toneladas de cáñamo en rama y rastrillado y de estopa de cáñamo. En iguales meses de 1914, la importación fué de 3.892 toneladas.

(2) Victor Cambon, *Notre avenir*.

Proyecto de bases de fomento de la producción nacional.

I

»Se constituye un «Centro Nacional de Fomento Productor». Su objeto es implantar o desenvolver en España las industrias sustanciales para la vida nacional, particularmente la de extracción de carbones, las metalúrgicas y las químicas, mediante el empleo de los capitales que el ahorro patrio acumula, reteniéndolo así en España por la confianza que se le inspire de una remuneradora utilización.

II

»El Centro se constituirá bajo la Presidencia del que lo sea del Consejo de Ministros, con todos los que hayan ejercido dicho cargo y con los Jefes de grupo parlamentarios como representaciones de fuerzas políticas y sociales. Serán también vocales natos los Ministros de Guerra, Marina, Hacienda y Fomento.

»El carácter de esta Junta será el de directora suprema de la traza y ejecución del plan reconstituyente.

III

»Este Comité Superior organizará libremente tres grupos de estudio y acción, a saber: el de la hulla, el del hierro y metales y el de la química. Constituirá cada uno, bajo su intervención, con los productores actuales en las respectivas ramas, del modo que estime oportuno, con representaciones de los Bancos nacionales y establecimientos de crédito y con las personas del orden científico y técnico que juzgue útiles en su colaboración.

IV

»En orden a la extracción de carbones se precisarán las cuencas carboníferas susceptibles de explotación y los elementos de toda clase que sean indispensables para su logro, así como los factores o intereses impuestos ya en su consecución. Con este conocimiento, y si él mismo arroja conclusiones favorables, se organizará un «Consorcio de la Hulla» en la forma mercantil propia de toda empresa. Entrarán en el mismo los dueños de minas o pertenencias, para constituir cotos importantes, concediéndose al «Centro Nacional de Fomento Productor», la facultad de expropiación a los efectos de formar los menores núcleos posibles de propiedad y de trabajo y vencer resistencias o dominar codicias que invali-

darán la obra que se persigue por esta ley. Del consorcio formarán parte también, elementos bancarios a los efectos de la dirección financiera del negocio y personal científico de autoridad notoria como garantía de preparación, de método y de planteamiento reproductivo. Por último, el Estado se reservará atribuciones de conocimiento e inspección a fin de avaluar la bondad del plan previamente trazado para la explotación y de la sujeción constante de ésta a todas las reglas de la técnica y de la banca, que le aseguren un normal y paulatino desenvolvimiento.

»Determinado todo lo antedicho, el «Consorcio de la Hulla» comenzará su funcionamiento y tendrá el carácter de empresa de utilidad nacional por su fin y por la forma de constitución que se le asigna.

»El Estado podrá hacer uso del crédito público por medio del empréstito, hasta la suma total de ciento cincuenta millones, con destino a la dotación del dicho consorcio, de los capitales precisos para la realización de su cometido. También podrá ser el «Consorcio» quien emita la deuda, quedando el Estado garante de su interés y amortización.

»En ambos casos el plazo para la demanda de la suma indicada será de diez años.

»Las demás condiciones de las primeras emisiones y de las sucesivas se determinarán por Real decreto que recoja en forma ejecutiva las propuestas y resoluciones del «Centro Nacional de Fomento Productor».

»Este será quien puntualice todas las condiciones y cláusulas de creación del «Consorcio de la Hulla» en todos sus aspectos de personalidad, de orientación, de funcionamiento y de relación con el Estado.

»Por la Presidencia del Consejo de Ministros se dictará el Real decreto correspondiente de reconocimiento legal del Estatuto del «Consorcio Hullero».

V

«Respecto de las industrias siderúrgicas y metalúrgicas, se tenderá a la implantación del número de factorías que se juzgue útil y posible con vista de los elementos: primeras materias y consumo, más los puntos de distribución y salida.

»En relación con el «Consorcio de la Hulla» se fijarán los emplazamientos cerca de sitios productores de ésta, o en comunicación inmediata con los cotos mineros, bien de carbón, bien de hierro u otros minerales, habida consideración además de que ha de empezarse por dar importancia capital a la obtención del acero y a todas las refinaciones (transformaciones de que es susceptible, así como al cobre y a su afino electrolítico, al plomo y al cinc.

»Se convocará por el «Centro Nacional de Fomento Productor» a las

entidades siderúrgicas y metalúrgicas o a sus legales representaciones para redactar con su ayuda el plan de establecimiento en España de las industrias indicadas sobre las bases de expansión e intensidad referidas al presente por las luchas económicas mundiales; y con respecto de cualquiera conveniencia particular que desee permanecer independiente o aislada, se formará una Federación industrial que abarque a cuantos aporten elementos positivos merecedores de ser valorados por su utilidad. Con vista y aprovechamiento de lo actual, se desdoblará esto o se perfeccionará, completándolo con aquellas instalaciones nuevas que monten las industrias del hierro y del acero gradualmente en condiciones de suministro del mercado nacional y de obtención de otros extranjeros, debiendo partir del lingote para obtener la transformación del mismo en artículos medio elaborados, y alcanzar la construcción de los instrumentos y máquinas.

»Se declaran nacionalizadas estas industrias, en el doble sentido de que se han de instaurar conforme a un sistema que les permita ser utilizadas por el Estado en caso de necesidad para fines de defensa del territorio, y del de gozar en compensación o reciprocidad del favor público, en cuanto a la concesión por parte del Estado de los capitales necesarios para la realización de todo el plan encomendado a la «Federación Metalúrgica» que por el «Centro Nacional de Fomento Productor», se forme con todos los elementos de trabajo y de acción que en sus luces conciba y descubra como creadoras.

»A los fines económicos de la futura institución se autoriza al Gobierno para levantar fondos por medio de empréstitos o a garantizarlos, hasta la suma de doscientos millones, en período de tiempo no inferior a seis años ni superior a quince, facultándosele a la vez para implantar por Real decreto, la organización de la metalurgia que por esta ley se persigue.

VI

»Para las industrias químicas se formará inventario de cuantas existan, a fin de conocer el grado de utilización de que puedan disfrutar, según las diversas ramas a que hay que atender: explosivos, abonos, tintes, droguería y farmacia.

»Habrá de constituirse un «Consorcio químico» con o sin los industriales hoy instalados, en su totalidad o parte, respetándose el carácter de libres de esta industria, pero atendiéndose como de necesidad nacional a la posesión de aquellos grandes laboratorios industriales que hoy nos faltan.

»En consecuencia, se proveerá la necesidad en forma y por procedi-

mientos análogos a los preinsertos para la hulla y el metal con absoluta independencia por parte del «Centro Nacional de Fomento Productor», para la fijación de las reglas porque haya de regirse y cuidando, como principio esencial, de unificar la dirección de la industria y concentrar en el menor número posible de fábricas su funcionamiento y vida.

»Se concede al Gobierno facultad de emisión de deuda pública o de garantía de la emitida por el «Consorcio químico» hasta la cantidad de ciento cincuenta millones, en los plazos, formas y circunstancias que, como las originarias del «Consorcio», se dicten por el «Centro Nacional» y se publiquen por Real decreto.

VII

»Todas las medidas y disposiciones necesarias para desarrollar los principios contenidos en las bases anteriores y reglamentar el funcionamiento de todas las Instituciones que en ellas se proveen, serán propuestas, por el «Centro Nacional de Fomento Productor», a la Presidencia del Consejo de Ministros, para la debida sanción y publicación por la misma.

VIII

»El «Centro Nacional de Fomento Productor» tendrá carácter permanente, hasta que por su propia iniciativa entienda cumplido su cometido por el arraigo firme y natural de las industrias substanciales a la vida nacional cuya creación se propone la presente ley. Anualmente conocerá el Parlamento de la labor del «Centro Nacional» y será obligatorio dedicar una o varias sesiones a la exposición verbal por los vocales que han de integrarlo, con asiento en las Cámaras, de cuanto concierna a la finalidad perseguida de reconstitución industrial y productora de España. La obligación aquí impuesta no será excusable por el Gobierno ni por los Jefes de fuerzas parlamentarias llamados a colaborar con aquél en la génesis y planteamiento de esta Ley.»



APÉNDICES

Noticia de los principales centros industriales cuya producción está relacionada con las necesidades militares.

Pequeño es el número de los centros de trabajo de la gran industria, y en cambio muy grande el de los pequeños talleres. Ante la dificultad de clasificar unos y otros por la capacidad de producción, que es muy variable, se consigna al lado del nombre del centro industrial, y entre paréntesis, un número que representa el de obreros que, como término medio, trabajan en aquél, y puede dar idea de la importancia de su producción.

El número de obreros es también variable, razón por la que se ha agrupado, en algunos casos, los establecimientos industriales que los emplean entre ciertos límites.

Las relaciones que siguen, no constituyen un censo completo, habiéndose omitido los talleres y centros de trabajo que emplean menos de diez obreros.

APENDICE I

Trabajo del hierro, acero y otros metales.

Comprende los establecimientos siderúrgicos y metalúrgicos, fundiciones, talleres mecánicos de maquinaria, construcciones metálicas, calderería y fabricación de alambre, cables, clavazón y tornillaje, cadenas, etcétera.

Muchos establecimientos industriales producen a un tiempo varias de estas materias. Las fundiciones, por ejemplo, suelen ir acompañadas de talleres de maquinaria y otras construcciones mecánicas, comprendiéndose con estos nombres y el de construcciones metálicas, la labra de metales por medio de máquinas herramientas.

ALAVA

Aceros especiales, forjados y moldeados.—Arraya: Viuda de Urigoitia (135).—Vitoria: La Metalúrgica (42).

Fundiciones de hierro y de acero.—Ferroníquel Vitoriana (35), El Prado (30), La Metalúrgica (30), Viuda de Gamarra (23) (1), I. del Amo, I. Corta, Pedro y Tomás Echevarría, López y C. (S. en C.)

Cadenas.—Vitoria: Hijos de López y C.^a, Sucesores de Lejarreta y C.^a (40).

Clavos.—Amurrio: Sucesores de Olano y C.^a (12).

Talleres mecánicos.—Vitoria: La Metalúrgica; Fernando Cortazar.

Caldererías.—Vitoria: Acedo y C. (S. en C.); Fernández de Retana Hermanos.

Herramientas para la industria.—Arraya: Viuda de Urigoitia (185).

ALBACETE

Maquinaria.—(Generalmente agrícola). Albacete: Collado, F. Carrión, J. Tejada, Gómez Hermanos, López Belmonte.

Fundición de bronce, latón y metal blanco.—Alambre.—Riopar. Ferrocarril de M. Z. y A. (200).

- ALICANTE

Fundición de hierro y otros metales y maquinaria.—Tomás Aznar (58), Hijos de José Rodes (20), Daniel Seguí (72), Hernández y Valiente (10), R. García Cremadas, F. Muñiz.—Alcoy: Hijos de José Boronat (34), Joaquín Botella (30), Rodes Hermanos (28), Viuda de Aznar (20), Bartolomé Esplungues.—Elche: Munich y C.^a

ALMERIA

Fundiciones de hierro y maquinaria.—Almería: Carlos Balhsen (40), Villalón y Cano (30), Oliveros (13), Salmerón (12).

BADAJOS

Fundición de hierro, acero y otros metales.—*Construcción y reparación de máquinas.*—Badajoz: Bijeriego Hermanos (24), Antonio Ramos (19), Antonio Gutiérrez (16). Arzuaga: Enrique Durán (49).—Zafra: Manuel Díaz (48), Antonio Rodríguez. —Mérida: Carlos Lux (33), Manuel Ramírez (13), Idefonso Domínguez, Talleres de la Compañía M. Z. y A. (155). —Almendralejo: Calderería y forja de Tomás Bote (13).

BALEARES

Fundición de hierro.—Palma: Antonio Riera (96), Juan Carbonell

(1) Aquí, como en otras provincias, muchas de las fundiciones están acompañadas de talleres de maquinaria agrícola e industrial. En ese caso están las antes citadas, y además: Aranguiz, y Navarro, Aranzabal y Ajuria (S. en C.), G. de Eguiluz.

(25), Bartolomé Calafell (23), Cabrer y Compañía (22), Juan Oliver.

Fundición de otros metales.—Palma: Gabriel Buades (15).

Construcciones metálicas.—Mahón: Sociedad Angloespañola de motores y maquinarias, José Cortés.

BARCELONA

Aceros forjados y moldeados y aceros especiales.—Barcelona: Aceros San Martín (S. A.) (160).

Badalona: Aceros Hispania (S. A.) (125).

Fundiciones de acero y de hierro.—Barcelona: La Maquinista Terrestre y Marítima (1.000), Sociedad Material para ferrocarriles y construcciones (750), Nuevo Vulcano (280).

De 250 a 300 obreros: Tomás Puig.—De 150 a 209 obreros: Hijos de Dionisio Escosura, Hijos de Ignacio Damián.—De 100 a 150 obreros: Mateo Grau (S. en C.), Hijos de Canela, Juan Más Bagá, Industrias mecánicas (S. en C.)—De 60 a 80 obreros: Joaquín Mambrú, Viuda e hijos de Román Romano.—De 30 a 60 obreros: Juan Piera, Fernando Sanz, Valls hermanos, J. Cornet, La Industrial Barcelonesa, Narciso Llopart e hijos, Foira y Guixá.

De 10 a 30 obreros: Santa María, Fortea y Compañía, Salvador Ros, Hijos de Puigjaner, Pedro Lloriá, Francisco Urich, Emilio Judas, Lamadrid, Balcells, Domeneel, Róvert, Viuda e hijo de Vilella, Alexander, Selma, Abad, Andrés, Anglas, Bofarull, Bonshoms, Cañameras, Carbonell, Casajuana, Carrogió, Espé, Faura, Gil, Font y Sansomá, Grases, Lacoma, La Cosmopolita, López, Lletjos, Martínez, Mestres, Más, Morales, Pallarés, Peremarch, Pascualés, Quintana, Ramis, Roca, Villalta, Sandoval, Soler y Romero, Tons.

Muchas de estas fundiciones tienen anexos talleres mecánicos para terminar las piezas moldeadas y para el montaje y reparación de máquinas.

Fundiciones de bronce y otros metales.—Barcelona. De 10 a 30 obreros: Marín Ortiz, Ferrera hermanos, Sangrà, Giralt y Rivas, Herederos de la viuda Moliné, Gasch.

Fundiciones de hierro y acero en la provincia de Barcelona.—Cornellá: José Mar (54).—Villanueva y Geltrú: Roset, Escribá (10 a 20).—Igualada: Verder, Fábregas (15 a 30).—Villafranca del Panadés: Hijos de Sabater (14), Figueras (305).—Sallent: Viuda de Monel (45). Manresa: Ubach, Illa y Miguel (29), Hijos de Abellanet (17), Vilajuana y Prat (12), Perera, Mitjavila.—Manlleu: Sociedad anónima Serra (96), Talleres Roca (15).—Sabadell: Juan Mercé (30), Viuda Casamoras (30), Vilaseca y C. (20), Manau (10).—Vich: Prats (30).—Tarrasa: Gorina (58), Vinyals

y C., Antonio Blasi (22). Mataró: Font y Verdagner (49), Roura Bombardó y C. (23), Robreseño, Cot y Pujol.—Granollers: Trullas Hermanos (24). Badalona: Félix Gallent (26).—Premiá de Mar: Juan Roura (50).

*Maquinaria.—Construcción y reparación de máquinas, Barcelona (Capital).—*La Maquinista Terrestre y Marítima (1.000), Nuevo Vulcano (280), Chamón y Triana (S. en C.) (279), Sociedad Española de motores, gasógenos y maquinaria. Con 100 a 150 obreros: M. Escosura, M. Grau (S. en C.), J. Pané (S. en C.), Hijos de Canela.—Con 60 a 100 obreros: M. Vilarrasa, F. Carné, Hijos de Amadeo Carné, E. Cardellac (S. en C.), Rosa Roselló.—Con 30 a 60 obreros: A. Casellar, Agustí, Fernando Tarmé, Arturo Piternat, H. de A. Arisó, Enrique Coral y C., La Maquinaria Agrícola, Federico Grau, Hijos de Grau, H. Peter, Modesto Yust, Martín Güell, Canet y C.^a, Andrés Oliva, Valls Hermanos, Negri, Riera, Font y Campobadal.—Con 10 a 30 obreros: S. Serra, Agustín Más, Creus y C.^a, José Creus, Vidal Hermanos, Badía, Christensen y Corominas, Carreras, Balletbó, Compte, Josa, Cabré y C.^a, Turqué, Rico y Ferrer, Amans, Ferrer y C.^a, Otto y C.^a, Puigjaner, Miró y Cortés, Canuda, S. J. Villalta, Abellanet (1).

*Maquinaria.—Construcción y reparación.—Provincia de Barcelona.—*Sabadell: Menna y Claramunt (50), Sucesores de Durán y Cañoneras (40), Balsach e Hijos (45).—Con 10 a 30 obreros: Magín Des Vens, Sucesores de Bas, Folguera y Durán, Pons, Balart y Sans, Planell, Granés.—Badalona: Blanch (50), Bacás (21), Prat (14).—Mataró: V. e H. de Gustavo Granch (40), H. de S. Cot y Pujol (23).—Tarrasa: Abelli y C.^a (70), Avelló (60), Valle H. y Arch (22), Gali y Vidal (12).—Manresa: Parera (16), Esquins (11).—Sallent: Palomar (16).—Molins de Rey: Folch (10).—S. Feliú de Llobregat: Ros (16).

*Otras varias construcciones metálicas.—Barcelona.—*Sociedad Española de Construcciones, Juan Torras, Tomás y Compañía (tubos) (252), E. Llatjos (96), Farrero y C. (78), E. Campmany (56), Nicolás, Agustín, Mañosa (52); Sujol y C. (tubos) (52), A. Gibernet (45), S. A. Arcas invulnerables (32).—Con 10 a 30 obreros: Bofill, Viuda e hijos de Miralles, Bori, J. Palat, Casas, Font, Guardiola, Barnada, S. Fustí, Badía, Canut, Carbonell, Castell, Corominas, Domenech, Valls Hermanos, M. Ballarín, J. Botey, Coll y Carreras, Hijos de Jaime Planas.—Sabadell: Folguera (15), Pons (12).—Tarrasa: Turó (12), Gali y Vidal (12).

Tanto en la capital como en la provincia, existen otros muchos talleres mecánicos de pequeña importancia y reducido personal. Diversas industrias tienen también talleres para la reparación de su maquinaria.

(1) Maquinaria en general. Maquinaria para la industria textil, agrícola, etc.

Calderería.—Barcelona.—La Maquinista Terrestre y Marítima (1.000), Nuevo Vulcano (300), Deó Canals y C.^a y E. Coral y C.^a (50 a 70), Labata y Segura (26), Castell (15), Pascuet.—Sabadell: Valls y Simó (20).

Cables metálicos.—Ruperto Anglada, Pirelly y C.^a (Villanueva y Geltrú), R. Marull. Riviere, Jordi e Imbert, Van Tress.

Alambres galvanizados y sin galvanizar.—Barcelona (Capital).—Hijos de Ramón Rosés (203), Ramón Marull (200), Trefilería y puntería catalana (70), Masset, Bonnin, Figuera y C.^a (23), Emilio Detouche, Rocavelt y Compañía.

Clavos, puntas de París, tornillos, remaches.—Barcelona (Capital).—La Unión Metalúrgica (400), Ramón Marull (200), H. de R. Rosés (203), Riviere (132), Trefilería y puntería catalana (70), Clará (38), Olivella (18).—Igualada: Antonio Torres, José Bosch.

Cadenas.—Barcelona.—Ramón Marull (200), Riviere (132), Miguel Faura, Viuda de Federico Herberg, Tarig.—Hospitalet: L. Creus (74).

Herrerías.—Cerrajerías mecánicas.—Barcelona.—Forgas Puig (280), J. Más Bagá (186), J. Más (114), E. Capmany (56).—Con 12 a 20 obreros: P. Renau, Pleura, Boada, Juanico.—Sabadell: Morillo y Solá (35).

Latonería.—Artículos de metal.—Barcelona.—Con 50 a 60 obreros: P. Pujol, E. Tarrida.—Con 30 a 50 obreros: P. Tenas, M. Trullas, M. Martret.—Manresa: H. de Abellanet (23).

CADIZ

Fundición de hierro.—Herrerías.—Cerrajerías.—Cádiz: R. Manzano (30), Luis de la Torre (21), F. García (19), Constructora naval española (2.000), Compañía Trasatlántica.—Jerez de la Frontera: P. Gallardo (54).

Fundición de bronce.—Jerez de la Frontera: Hijos de G. Fernández (15).

CANARIAS

Fundición de hierro.—Herrería.—Puerto de la Luz: Blands, Bother y C.^a (165), The Grand Canary Engineering (84), Carbonera de Las Palmas (15).—Las Palmas: H. de Enrique Sánchez (58), J. Rodríguez y C. (48), M. Santana (17).—Santa Cruz de Tenerife: Hamilton y C. (29), P. Barrera.

CASTELLON

Talleres mecánicos.—Compañía del tranvía de Onda al Grao (14), Primitiva Castellonense (20), Rusell (14). Otros de pequeñísima importancia.

Fábricas de clavos.—Villarreal: Gaspar García y Francisco Ros.—

Burriana, con 15 a 20 obreros. Otros menos importantes, que fabrican puntas de París para envases de madera.

CIUDAD REAL

Fundición de hierro y reparación de máquinas —Renato Lafleur (Puertollano) (47), Madrid y Toledo (Valdepeñas) (35).

CORDOBA

Fundiciones de hierro.—Córdoba.—La Cordobesa (S. A.) (25), R. Alba y Martínez (11).

Fundiciones de plomo y cinc.—Sociedad metalúrgica de Peñarroya (Pueblo Nuevo del Terrible) (932).

Talleres mecánicos.—Córdoba.—La Cordobesa (175), R. Alba y Martínez (50), F. de las Morenas (46), González Hermanos (42), Serrano y Compañía.

Caldererías.—Córdoba.—F. Fernández (11), H. de Nicolás Prugeti (10).

CORUÑA

Fundiciones de hierro y de acero.—Coruña: Hijos de Miguel M. Ortiz.—Ferrol: Arturo Aulat.

Fundiciones de plomo y cinc.—Coruña: Real Compañía Asturiana (16).

Fundición y talleres mecánicos de maquinaria y cerrajería.—Coruña: J. Wonembarger (47), Viuda e Hijos de Solarzano (41), J. Ortiz (37).

Talleres mecánicos.—Coruña. De 10 a 30 obreros: V. de J. Chas, E. Puy, V. de Herrada, J. Espiñeira.—Graña: Gil.—Santiago: J. Vilas.

CUENCA

Fundición de hierro y bronce y talleres mecánicos.—F. Romero (30).

GERONA

Fundición de hierro.—Gerona: Sociedad metalúrgica gerundense.—Ripoll: F. Casals.—Salt: M. Padrosa.

Fundición de hierro y talleres mecánicos.—Gerona: Talleres del ferrocarril de M. Z. y A. (100).—Con 50 a 60 obreros: Tomás Soler y C.^a, Aberech y C.^a—Con 15 a 30 obreros (Figueras): Sociedad Sala y Fita, Luis Fita, Francisco Ubanell. (Palamós): Sociedad ferrocarriles económicos. (Ripoll): F. Casabó. (S. Feliú de Guixols): J. Pernal, Ferrocarril a Gerona. (Palafrugell): Trill, Torres.

Herramientas. (Fábrica).—(Campdevanol): Casanovas y Font (70).

Clavos.—(Ripoll): T. Sadurni. Olot: Jaime Giralt, F. Terradellas.

GRANADA

Fundiciones.—*Construcciones metálicas.*—*Talleres mecánicos.*—Granada: Castaños y C. (80), «La Granadina», de Roca (40), «La Catalana», de Pastor (30), J. Alcázar (16), Esteban Molina (12), J. Hernández (15), J. Estremera (15).

GUIPUZCOA

Fundición de hierro y acero.—Vergara: Altos Hornos (170), Unión Cerrajera (S. A.) (210).—Pasages: Molinao (S. A.) (110).—Elgoibar: Hijos de R. García (150), Fábrica de San Pedro (95).—Hernani: Fundiciones del Norte (54).—Rentería: J. M. Marquece (65).—Tolosa: J. Luzuriaga (40), J. M. Tellería (12).—Eibar: Aurrerá (S. A.) (52), «La Estrella» (35), D. Azcoaga y C. (16).—Plasencia: A. Arias (25).—Zumaya: Yeregui y C.^a (20).—Cestona: J. Echevarría (15).

Fundición de plomo.—Rentería: Real Compañía Asturiana (120).

Maquinaria.—*Construcción y reparación.*—Rentería, J. Ugarriza (70), R. Illamendi (30).—Plasencia: Achotegui y C. (20).—Pasages de San Pedro: F. Zuarzola y C. (14).

Fábricas de herramientas.—Oñate: Elorza e Hijos (62), Jubia y C. (17). Legazpia: Segura, Echevarría y C. (15).

Construcciones metálicas y otros talleres.—San Sebastián: Construcciones metálicas de Leopoldo Leurín, Idem de E. Ezcurdia, Fábrica de cadenas de F. Nogués.—Rentería: Taller de forja de Barandiarán (23). Telas metálicas.—Tolosa: S. L. Perot (22), Fábrica de clavos, O. Mustad y C. (20), Idem Santiago Urruzola, Tornillos y remaches, Goñi, H. y C. (40), Idem J. Usabiaga, en Villafranca (12).

HUELVA

Fundiciones de hierro y cobre.—Huelva: Domínguez y H., Morrison y C., M. López, Compañía de Río Tinto (850), Cano y H. Linden (S. Juan del Puerto).

Talleres mecánicos.—De las Compañías: Río Tinto (615), Tharsis (300), Alkali (176), Peña del Hierro (85), Francesa de piritas (28), M. López Hijos (181) (Huelva), Montagut, Medina y Díaz (52). Construcciones metálicas de Domínguez y H. (Huelva).

JAEN

Fundiciones de hierro.—Linares: La Constancia (220), Sociedad Espa-

ñola de Construcciones metálicas, H. Negre, J. Borrás.—La Carolina: F. Martín.

Fundiciones de plomo.—Linares: La Tortilla (430), La Cruz (305), San Luis (211).

LEON

Fundición de hierro.—Villafranca del Bierzo: F. Núñez, M. González.

LERIDA

Fundiciones.—*Maquinaria.*—Juan Vila (28), V. de J. Lafont (17), Armengol H., A. Ciutat (12).

LOGROÑO

Fundición de hierro y otros metales.—V. de Pérez, H. de Marrodan, H. de S. Elías (11).

Construcciones metálicas.—Marrodan y Rezola (90).

Fábricas de herramientas.—Santo Domingo: D. Labarga (27), M. Poves (15).—Haro: Ildefonso Pijón (60).

MADRID

Fundición de hierro (1).—Jareño y C. (120), Sociedad Española de construcciones metálicas (130), Gorroño y Jordá (70), F. Iglesias (60).—Con 15 a 30 obreros: F. Lebrero, J. Roldán, T. M. Vidal, Campins y Codina, Marco y Nogués, F. Benito, L. Suz, M. Santiago. Otras fundiciones de hierro: J. Pádrós, Corcho e hijos, J. Viallet, B. Ruiz, J. Ramos, R. Pérez, E. Parés, C. I. Mercantil e Industrial, E. Brabo y J. Bon, S. Aguado, García Simón y C., J. Cañameras, F. Noriega, J. Roldán.

Fundición de metales.—Emilio Meneses (140), Herraiz y C. (90), S. Ruiz (60), V. de Igartua (50), F. Pérez y C.^a (23).

Calderería.—Jareño y C., Sociedad Española de Construcciones metálicas, Botticher y Navarro (80).

Construcciones metálicas y mecánicas.—Sociedad Española de construcciones metálicas, Grasset y C. (180), Lomas y Terán (50), Munar y Guitart (100), Marco y Nogués (38), A. Levillain, Corcho e hijos, Tomás y C., Izquierdo y Garrido, U. Torres.

Herramientas.—Ceñal y C.^a (40).

MÁLAGA

Fundiciones y maquinaria.—Málaga.—Altos Hornos de Andalucía

(1) Muchas de estas fundiciones tienen talleres de maquinaria.

(200), R. Heaton (130).—Con 50 a 70 obreros: A. Herrero e hijo, M. Ojeda.—Con 20 a 40 obreros: A. Ferre e hijos, R. Benítez, Bernar y Guzmán. Otros talleres: La Constructora andaluza, Hijos de J. Heredia, F. Trigueros, Muñoz Hermanos.

Antequera.—M. de Luna (75), M. Alcaida (12). Ronda: S. García (21), A. Villada.

Construcciones metálicas.—Málaga: La Metalúrgica Malagueña (56), R. Benítez (14).

MURCIA

Fundición de hierro y construcciones metálicas.—*La Unión*.—La Maquinista de Levante (200), Talleres de J. Albaladejo (15).

Cartagena.—(Fundición de hierro y bronce): J. García Martínez (90), P. Tudela, D. Pérez, V. de R. Olmos, V. Navarro, F. Hernández, Talleres de M. Frigard (60), Talleres de P. Fuertes (15).—Cieza: B. H. Broun-ton (15).

Murcia.—San Antonio Abad de B. Cánovas, S. Martínez, E. Victoria, W. Peña, La Maquinista Yeclana, D. Orenjo.

La Unión.—J. Pastor.—Mazarrón: Hernández y C.—Aguilas: P. López, G. Carvajal, F. Carvajal.

Maquinaria.—*La Unión*.—Zapata e hijos (180).—Murcia: Peña, Carceller y Grech (115).

Fundición de plomo.—Cartagena: S. I. Peñarroya (370).—Mazarrón: Compañía Metalúrgica (500).—Escombreras: S. Isidoro Peñarroya (200). Portman: Purísima Concepción (M. Zapata) (300).—*La Unión*: J. Martínez Conesa (60).—Descargador: Pío Vendrell (70).

NAVARRA

Fundición.—Alsasua: Veramendi y Viuda de Echer (62).—Pamplona: Con 15 a 20 obreros, Veramendi, J. Gamarra, Sucesores de Pinagui, Arrieta.—Vera: Fundición Bidasoa (90).

Maquinaria.—Pamplona: Mugica Arellano y C.^a (65), A. Arrieta (30), F. Artibia (30), F. L. Ipiña (12), Sucesores de Piñaguy (12).

ORENSE

Fundiciones de hierro.—Sociedad Fábrica nueva, Malingle, Ludeña Hermanos.

Talleres mecánicos.—Malingle, Ludeña, Hermanos (42).—Con 16 a 20 obreros: L. Vidal, S. Fernández y C.

OVIEDO

Los principales centros siderúrgico-metalúrgicos de esta provincia,

con la variedad de sus productos y número aproximado de obreros que emplean, se enumeran a continuación:

Sociedad Duero Felguera.—(La Felguera): Aceros forjados y moldeados (450), Calderería (85), Construcciones mecánicas (165), Fundición de hierro y de acero (390).

Fábrica de Mieres (S. A.)—(Ablaña): Fundición de hierro y de acero (473), Aceros forjados y moldeados (160), Construcciones mecánicas (89), Calderería (59).

Fábrica de Lugones.—Fundición de cobre, latones, alambres, etcétera (300).

S. A. Industrial Asturiana Moreda Gijón.—(Gijón): Fundición de hierro y de acero (89), Aceros forjados y moldeados (100), Aceros especiales de herramientas (112), Alambre (104), Calderería (91), Talleres mecánicos (50), Clavos (50).

Sociedad Española de Construcciones metálicas.—El Dique (Gijón): Fundición de hierro (30), Calderería (20), Construcciones mecánicas (61).

La Amistad (S. A.)—Oviedo: Fundición de hierro (14), Talleres mecánicos (48), Calderería (10).

Constructora Gijonesa.—Gijón: Fundición (13), Talleres mecánicos (76).

Luis Adaro.—Gijón: Fundición (10), Talleres mecánicos (61).

Domínguez Orueta.—Gijón: Talleres mecánicos (77).

Riera y Compañía.—Gijón: Construcción y talleres mecánicos (60).

Laviada y Compañía.—Fundición y talleres mecánicos (650).

Unión Industrial.—(Oviedo): Fundición de hierro (12), Talleres mecánicos (19).

Otras fundiciones de hierro.—Manzaneda y C. (Avilés) (45), Ovies y C.^a (Avilés) (30), Menéndez y C. (Gijón).

Otros talleres mecánicos.—Moris, Faes y C. (Gijón) (35), Malingle, Ludeña y C. (Gijón) (271). Otros talleres. Gijón: A. Lovelace (18), Saez Pérez (15), Viuda e hijos de Boniro (13), F. Fernández García (Avilés) (12).

Manuel Fernández (Sama de Langreo) (13), Joaquín Soldevilla (Idem) (13).

Clavos y remaches.—Moreda Gijón (S. A. I.) (50).

Tornillera del Jalón (S. A.)—La Felguera (10).

Tornillera Asturiana (S. A.)—La Felguera (40).

La Tornillera.—(S. A. de Ventanielles), Oviedo (54).

PALENCIA

Fundición y talleres mecánicos.—Arroyo y Gallego (136).

Fábrica de telas metálicas.—J. Gallego (20).

PONTEVEDRA

Fundición de hierro.—Pazó Martínez (37).

Vigo: Viuda e hijos de Herrera, A. Sanjurjo. F. Romero y C. Carril: A. Alemparte.

Talleres mecánicos.—Pontevedra: B. Vázquez (12).—Villagarcía: A. Sanjurjo (180), A. Alemparte (85), The West Galicia Railway (33).—Vigo: Hijos de J. Barrera (160), Troncoso y Santo Domingo (86), J. Fernández (30), A. Iglesias (18).

Clavazón.—Villagarcía: Fernández y Raigada (12).

SALAMANCA

Fundición de hierro.—Salamanca: Moneo Hermanos (120), M. Maculet (32).—Peñaranda: A. Bustamante.—Béjar: L. Izard (28).

SANTANDER

Fundición de hierro y bronce.—*Calderería.*—*Talleres metalúrgicos.*—

Santander: Corcho e Hijos (500), Talleres metalúrgicos (S. A.) (30), Aníbal Colongues (30), Sociedad Talleres de San Martín.—Torrelavega: Viuda de P. Alonso (25), Obregón y C. (50).—Astillero: Viuda de Lavín, Talleres metalúrgicos (170).

Fundiciones de hierro.—Santander: Sociedad Nueva Montaña, J. Calzada, Viuda de F. Roviralta.

Castro Urdiales: S. Herrero, E. de la Torre.

Alambre.—Los Corrales de Buelna: J. M. Quijano (572).

Clavazón y tirafondos.—Ramales: Fernández Cabada, Agüero y C. (142).—Los Corrales de Buelna: J. M. Quijano.

SEVILLA

Fundición de hierro.—Sevilla: Daniel Puch (110), J. Miró y C.^a (91), Juan A. Marvison (70). Otras fundiciones: J. Castellanos, H. de M. Montes, E. de la Rosa, R. Escalera, V. de Rodríguez, R. Roda, Pérez Hernández, F. Madariaga, E. Gutiérrez, J. Carretero.—Utrera: A. Piña (28).—Ecija: F. Peláez (20). Camas, M. Balleto (12).

Fundición de metales.—Sevilla. Con 10 a 30 obreros: M. Gilbert, M. Retamosa, Rosa y Pacheco, Tomé Hermanos, J. A. Rodríguez, A. Aparicio, L. Escolá.

Talleres metalúrgicos.—Sevilla. Con 200 a 300 obreros: Balbontín, Orla y C., Pando, Rodríguez y C., Martín y C.^a.

Con 150 a 200 obreros: José Chico, R. García.—Con 70 a 100 obreros: H. de Daniel Puch, Juan Miró, J. A. Marvisón.—Con 30 a 50 obreros: J. Cobián, Junta de Obras del Puerto.—Con 20 obreros: J. Díaz, Centro Técnico Industrial, L. Marco, E. Meckel, Real Compañía Asturiana.

Construcciones metálicas.—Sucesor de M. Grosso, J. Domínguez y H.

TARRAGONA

Fundición de hierro y talleres de maquinaria.—Tarragona: A. Musola, J. Colomina, F. Vila (25).

Tortosa: J. Sales (85). Con 10 a 20 obreros: Viuda de M. Salvatella, F. Baró, A. Foncuberta, Franch H.—Reus. Con 15 a 30 obreros: Porta H., J. Blanch, Roig y C., M. Martí, J. M. Martí, J. M. Malorqui, Gené y Carnicer.—Valls: A. Guivart (20).

Clavazón.—Tortosa: D. Canaldá, J. Monelus, A. Moncurí.—Reus: R. Anguera, F. Pamies. Valls: J. Martí.

VALENCIA

Fundiciones de hierro.—Valencia: Hijos de A. Ferrer (140), V. Ferrer (140). Con 20 a 40 obreros: Llopis y Herrero, Geu H., H. Gascó, V. Domingo, Capilla, Fernández (S. en C.), L. Algarra, B. Andrés, M. Badia y C.

Fundición de hierro y maquinaria.—Valencia: José M. Gómez (150), Hijos de Ferrer (125), Francisco Climent (La Maquinista Valenciana) (90), Talleres Sanz (70), Vilanova Hermanos (56), Felipe Genevois (50), Figuerola Hermanos (53), Julio Sanjuan (45), Aldudo y Pascual (47).

Con 20 a 40 obreros: Lillo, Colás y Sempere (Nuevo Vulcano), Viuda de Xibixell, Baño Hermanos, Viuda de Bou, El Práctico, Hermanos de Domingo Gómez, Hermanos de M. M. Gómez, Bartolomé Montañés, Serrano y Aguilar, G. Bartle, Viuda da Peregrín Bort.

Maquinaria.—Valencia. Con 10 a 20 obreros. Bellver y Castellán, Cervera Hermanos, Ferriols Hermanos, El Fultón, Julián Herrero, Vicente Llavata (Nuevo Vulcano), V. Matalí, M. Moltó, Pastor y Santa Elena, Villar, Leonart y C.

Calderería y construcciones metálicas.—Valencia: Devis e Hijos (70).

VALLADOLID

Fundición de hierro y maquinaria.—Valladolid: Miguel de Prado (160), Gabilando (S. A.) (94).—Alejos: Hijos de J. Martín (80), L. Zorita (38), D. Serrano (32).

Otras fundiciones de hierro.—Valladolid: H. Llorens, L. Ramos (20). Rioseco: E. Alonso (20).

Medina del Campo: P. García (20).

Fundición de bronce y latones.—Valladolid: E. Allende e Hijo (36).

VIZCAYA

Talleres de Deusto.—Deusto: Fundición de hierro (232), Aceros moldeados Siemens y Robert (12), Aceros forjados (25), Taller mecánico (92), Calderería, fundición de metales y otros (10).

Talleres de Zorroza.—Bilbao: Taller mecánico (130), Calderería (202), Fundición (37), Forjas (28), Metal desplegado (3).

Talleres del Cadagua.—Zorroza: Fundición de hierro y acero (20).

Altos Hornos de Vizcaya.—Baracaldo: Fabricación de cok (196), Subproductos de la hulla (6), Fabricación de hierros (242), Idem de acero Siemens (27), Idem id. Robert, Idem id. Bessemer (179), Laminación de hierros (539), Fundición de hierro y metales (146), Taller mecánico (149). Idem de calderería (187), Idem de forja (58), Servicios generales (1.055), Total (2.784).—Sestao: Fabricación de cok (250), Subproductos de la hulla (14), Fabricación de hierro (400), Idem de acero Siemens (325), Laminación de hierro (850), Fundición de hierro (130), Idem de metales (4), Taller mecánico (150), Idem de calderería (120), Idem de forjas (40), Servicios generales (455), Fabricación de hoja de lata (374), Talleres mecánicos en ídem (60), Servicio general en ídem (97), Total (3.269), Total general (6.053).

Compañía Euskalduna.—Bilbao: Taller de ajustaje (215), Calderería (980), Forja (50), Fundición de hierro (46), Idem de metal (6), Taller de modelos (18), Idem de carpintería (100), Idem de tornillería (35), Servicios generales (80), Total (1530).

Sociedad Anónima «Aurrera».—Sestao: Fundición de hierro (191), Taller mecánico (54), Forjas y calderería (9), Servicios generales (54), Total (308).

Astilleros del Nervión.—Sestao: Fundición de hierro (70), Idem de metal (5), Taller mecánico (130) Idem de calderería (549), Idem de forja (51), Servicios generales (58), Total (863).

San Francisco del Desierto.—Sestao: Fabricación de cok (36), Subproductos de la hulla (9), Hornos Altos (71), Servicios generales (163), Hornos de acero y laminación (234), Taller mecánico (16), Calderería (11), Forja (8), Servicios generales (134), Total (682).

Construcciones mecánicas (34).

La Basconia.—Basauri: Fundición de hierros y aceros, Aceros forjados y moldeados (64), Herramientas para la industria, Calderería (150).

Hijos de Cortadi. Deusto: Fundición de hierro y acero y talleres mecánicos (23), Calderería (136).

Uribe y Eguiraun.—Calderería (Erandio) (40), Talleres mecánicos (Bilbao) (85).

Valle y Suárez.—Erandio: Calderería (236).

Chavarri y Petrement.—Miravalles: Material fijo y móvil de ferrocarriles (220), Calderería (150), Construcciones mecánicas (40), Fundición de hierro y acero (30).

Pedro Llona y C.^a—Deusto: Fundición de hierro (23), Calderería (26), Construcciones mecánicas (111).

Viuda de Urigoitia e Hijo.—(Bilbao): Fundición de hierro y acero y herramientas para la industria (185).

Fundición de hierro y acero.—Bilbao: Aramburu y Arechalde (260), Blas Barrenechea (74), Abando y C. (41), Valentín Bravo (23), Viuda de Gamarra (23), F. Salgado (16), P. Castañaga (16), Sagarduy Hijos (12), Talleres de Miravalles, M. Ibáñez, B. Sarabia, F. Díaz, Basiñas y C., Sucesores de Aguirre, García y Rodet (S. en C.), Hijos de Romualdo García.—Baracaldo: Cámara y Eguía (245).—Begoña: Santa Ana de Bolueta, Saniorrandia y Santisteban, Mendizábal y Heredia, U. Pardo.—Deusto: Salústregui y C. (21). Metales. Basauri: Balve Berasaluce y C. (22).

Fundición de bronce y latones.—Bilbao: M. Almendro (28), Ignacio Ituarte (57), Gurucete y Abéndibar (Begoña) (16), R. López, Bayo y Saralegui, A. Bravo, Julián Bilbao y C.—Lejona: C. Bourne y C. (30).

Talleres mecánicos.—Bilbao: Gracia y C. (101), Mariano Corral (90), Mendizábal y C. (63), S. Hernández (14), Pedro Pérez (13), R. Caneiro (11), Talleres de la Metalúrgica, Alvarez y C., R. de Eguren, Talleres de la Luchana Mining, Orconera, Franco Belga, Triano y Deusto.—Begoña: Santa Ana de Bolueta (11).

Clavos y alambres.—Federico Echevarría e Hijos.—Clavos: (Begoña) (588), Bilbao (60), Alambres. Baracaldo (27).—Barbier: Clavos. (Arrigoriaga) (165), Alambres (Arrigoriaga) (40).—Alambres del Cadagua: Alambres y clavos (Baracaldo) (273).—Hijos de Mendizábal: Clavos y cadenas (Durango) (17).—Pradera Hermanos (Zarátamo), Sucesores de Olano (id).

Cables de acero.—Sociedad Franco Española de cablería (Erandio) (67).

Cadenas.—Hijos de Mendizábal (Durango) (45), Juan Ignacio Cici-nay (Ochandiano) (17), F. Nogués (Bilbao).

ZAMORA

Fundición de hierro.—Zamora: T. López (42), F. Martínez (12), F. Martín.

ZARAGOZA

Fundición de hierro y maquinaria.—Zaragoza: A. Mernier (S. A.) (127), A. Bresel (104), A. Averly Hijo (78), Juan Guitart e Hijo (42), E. Pellicer (32), F. Sandoval (28), Viuda de J. Iranzo (23), J. Amorvi (20).

Utebo: Maquinaria y metalúrgica aragonesa (150).

Otras fundiciones de hierro.—Zaragoza: Viuda de Irrisani (50), Postigo y Aguelo (20), Viuda e Hijo de J. Andrés (20), G. López (13).—Catalayud: F. Salvatella.

Fundición de bronce.—Hijos de M. Jordá (19).

Construcciones metálicas.—La Metalúrgica Aragonesa: E. Cebolla.

Fábrica de tornillos.—Zaragoza: Montes Hermanos (40).

Talleres mecánicos.—Zaragoza.—Con 10 a 15 obreros: F. Gómez, J. Ramón, L. Colas, Archanco Hermanos, F. Ibaez, M. González.

APENDICE II**Industrias químicas.**

Se incluyen las que producen las materias más directamente relacionadas con el material de guerra. Si se citan las fábricas de abonos, es porque suelen producir también ácido sulfúrico y otras materias útiles para la guerra.

ALAVA

Carburo de calcio.—Los Pontones: Gómez Caballero y C.

ALICANTE

Refinerías de petróleo.—Fourcade y Prevot, Deustch y C.

Ácidos sulfúrico, nítrico y otros productos químicos.—Unión Española de abonos, productos químicos y superfosfatos.

BADAJOS

Carburo de calcio.—Puebla de Alcocer: Rafael Unga.

BARCELONA

Ácidos sulfúrico y nítrico y otros productos.—Barcelona: Sociedad anónima de productos químicos (60), Sociedad anónima Cros (abonos), M. Costa, Fábricas Gaillard, Miquel y Widmer, Viuda de Boada y Trave-

sera, Fábrica de bencina y sus derivados de S. Anglada, Gibert de Mendivil y C.

San Adrián de Besos: Fábrica de productos químicos de E. Miquel (S. en C.) (158).

Otras fábricas de productos químicos.—Barcelona: E. M. Fabri, M. Comas, Faig Gelart (esencias y otros productos), J. Fornés (productos químicos, farmacéuticos e industriales), J. Jimeno, Massó y C. (drogas), P. Palau, M. A. Planas, Valles y C.^a (naftalina y otros productos), P. Viñas (aprestos), J. Uriach y C.^a Anónima Barcelonesa de colas y abonos, Anónima de productos químicos, J. Aibos, Argemi y C., Barrau Massó y C., Bosch y C., T. Cano, H. de Casamitjana.

Carburo de calcio.—Berga: Sociedad Española de carburos metálicos (100), produce también oxígeno y acetileno.—Esparraguera: A. Sedo (S. en C.) (80).—San Quirico de Besora: Juncadella y C.^a (37), Electro-metalúrgica del Ebro.—Corbera: Torras (S. en C.)

Lubricantes.—Barcelona: Sucesores de Luis Bonnefoy (aceites vegetales) (142), A. García y C. (id.) (82).—Badalona: Deustch y C. (vegetales y minerales) (105).—Hospitalet: Sabadell y Henry (100).

Refinerías de petróleo.—Barcelona: Cataus y C., J. Condal-Ferrer, E. Zaragoza.

Badalona: Deustch y C. (90), Alquitrán y creosotado de maderas de la V. e H. de P. Nicolau.

Destilería de alcohol.—Barcelona: Bosch y C. (24)

Gomas, caucho, celuloide, ebonita.—G. Klein (300), Hugo Heutsch y C. (151), Tusell Hermanos (103). Hijos de Rivó, Francisco Costa.

CORDOBA

Productos químicos de la Sociedad minera y metalúrgica de Peñarroya: Acido sulfúrico, sulfatos de hierro, cobre, amoníaco, benzol, superfosfatos.

CORUÑA

Carburo de calcio.—Teo: Sociedad hidroeléctrica de Pindo (155).—Corcubión y Tel: Sociedad Española de carburos metálicos (produce también oxígeno y acetileno).

GERONA

Carburo de calcio.—Rivas: H. de B. Recolons.—Campdevanol, Compañía General del Gas.

GUIPUZCOA

Refinerías de petróleo.—San Sebastián: Mercader y V. Londaiz.

HUELVA

Productos químicos de Huelva (S. A.)
Wetzig y Welckert (abonos).—J. Domínguez.
Minas de Río Tinto: Acido sulfúrico.

HUESCA

Carburo de calcio.—Electroquímica Aragonesa, La Peña (S. S.) (58).

LEON

Sociedad Anónima Leonesa de productos químicos (éter sulfúrico).

LERIDA

Sociedad Ibérica del ázoe (abonos y otros productos químicos). Fijación del ázoe atmosférico para obtener nitratos.

MADRID

Acidos sulfúrico y nítrico.—Sociedad General de Industria y Comercio (52), Pedro Maubert.

Productos químicos.—Ruano (47).

Oxígeno.—La Oxídrica Española (13), Oxígeno industrial (14).

Acido carbónico.—L. Corominas (12).

Refinería de petróleo.—Londaiz y Sobrino.

Glicerina y jabones.—Varias fábricas.

Fábrica de gas y sulfato amónico.—Compañía de alumbrado (235).

ARANJUEZ

Sociedad Española de colas, gelatinas y abonos.

MALAGA

Carburo de calcio.—Sociedad hidroeléctrica del Chorro (60).

Refinería de petróleo.—La Concepción.

Acidos sulfúrico, nítrico y otros productos químicos.—Sociedad Anglo-española Cooper de superfosfatos y productos químicos, La Trinidad, Unión Española de fábricas de abonos, productos químicos y superfosfatos.

OVIEDO

Petróleo.—Gijón: Rufino Martínez y C.

Fábrica de abonos.—Acido sulfúrico.

Benzol.—Fábricas de La Felguera, de Mieres (Ablaño), La Pereda (hulleras de Riosa).

PONTEVEDRA

Carburo de calcio.—Vigo: Laforet y C., Fábrica de Arcade.

SALAMANCA

Hijos de Mirat: Ácidos sulfúrico, nítrico, sulfato de hierro y de cobre, superfosfatos. (Podría producir también benzol y tolueno.) (26).

Pío Ramírez y C., Abonos.

SANTANDER

Refinerías de petróleo.—H. de Gurtubay y C., Deusth y C., Desmarais Hermanos.

Productos químicos.—Torrelavega: Fábrica de Solvay, Sosa cáustica y sales sódicas.

SEVILLA

Refinerías de petróleo.—Deusth y C., Salas y C., Miró Valls, D. García.

Ácidos sulfúrico, nítrico y otros productos químicos.—Unión Española de productos químicos y superfosfatos, Sociedad General de Industria y Comercio (abonos).

Lubricantes.—Hijos de Luca de Tena (30).—Utrera: Gabriel Baher (30).

TARRAGONA

Refinerías de petróleo.—Reus: J. Vilella y C.

Abonos químicos.—(Primeras materias): Quintana y Torres (S. en C.) —Valls: R. Serra, A. Masagué, J. Esteve.

Productos químicos.—Flix: Sociedad electroquímica de Flix (producción electrolítica de sosa cáustica, cloruro de cal, ácido clorhídrico y cloro libre).

TERUEL

Carburo de calcio.—Carburos de Teruel (S. A.) (20), Electroquímica de Teruel, Electroamoníaco de Teruel.

VALENCIA

Refinerías de petróleo.—Hijos de Sister, Desmarais Hermanos, H. de J. Ayora, M. Ayora, M. García.

Ácidos nítrico, sulfúrico, abonos, superfosfatos, etc.—Unión Española

de fábricas de abonos, productos químicos y superfosfatos, Niedertneyler, Orts, Trenor y C.

Benzol, tolueno, aceites impuros, minerales.—Fábrica del Puig (30).

VIZCAYA

Acido sulfúrico.—Sociedad General de Industria y Comercio (77), Sociedad Española de Oxígeno (65).

Refinería de petróleo.—Deustch y C., Fourcade y Provot.

Tolueno.—Iniciase su producción en Altos Hornos de Vizcaya.

ZARAGOZA

Carburo de calcio.—Electroquímica Aragonesa (Zaragoza), Electrometalúrgica del Ebro (Sástago) (120).

Productos químicos.—La oxidrica Española (hidrógeno) (Zaragoza), La Industrial Química (Zaragoza) (ácidos clorhídrico, sulfúrico y nítrico).

APENDICE III

Industrias eléctricas.

ALICANTE

Fábrica de aparatos y material eléctrico.—Aspe: «La Electro-Cervera».

BARCELONA

Aisladores de porcelana.—Luis Berenguer y C.^a (S. en C.) (216), Idem (104).

Guerín y Concas, Chamont y Triana, Luis Pibernat.

Lámparas eléctricas.—*Barcelona:* Sociedad Española Z (119), Fábrica de lámparas eléctricas (90), F. Pérez e Hijos (64), M. Albiol, Punyed y Cortada (S. en C.), Antonio Más y Blay, Wolfram, Clavell, Mataloni (F.) (S. en C.), Morros, Sanvat, Teixidó (J.)

Carbones eléctricos.—Castelgalli: Compañía fabril de carbones eléctricos (371), Fábrica de S. Vicente de Llobregat.

Pilas secas y húmedas.—Compañía fabril de carbones eléctricos.

Cables eléctricos.—*Barcelona:* Ramón Marull (200), Ruperto Anglada, Albó y C.^a (47), La Hispano Alemana (24), Juan Cinca (23).—Villanueva y Geltrú: Pirelli (600), C. H. Pascalis.—Cornellá de Llobregat: Compañía de cables eléctricos.

Maquinaria y aparatos eléctricos.—*Barcelona:* Sociedad anónima,

Construcciones mecánicas y eléctricas, Vivo, Torras y C.^a (68), A. E. G. Thomson Houston Ibérica, J. Dalmau Montero, aparatos de precisión (80), Riba (S. en C.) (40), Aparatos electromédicos industriales de S. Prieto (30), Andrés Guillaumet (23), Antonio Más Blay.—Sabadell: La Electricidad (A. A.) (320), Talleres Petit (18).—Cornellá: Siemens Schuckert Maquinaria eléctrica (206).—Tarrasa: Gisbert y Borie (La Electra industrial) (98).

Material de radiotelegrafía.—Barcelona: Compañía A. E. G. Estaciones radiotelegráficas Telefunken.

GUIPUZCOA

Material eléctrico.—(Pasages) (18).—San Sebastián: El material eléctrico (S. A.)

Lámparas incandescentes.—San Sebastián: Herederos de Ramón Múgica.

Aisladores de loza.—Irún: Bellocq.

HUELVA

Material eléctrico.—La Industrial Onubense.

LERIDA

Maquinaria eléctrica, dinamos y electromotores.—Viuda de José Sa-fonts.

MADRID

Lámparas incandescentes de metal «T».—Compañía General Española de Electricidad.

MURCIA

La Unión: La Maquinista de Levante, Talleres para recepción de maquinaria eléctrica, de M. Zapata (150).

NAVARRA

Lámparas eléctricas.—Pamplona.

OVIEDO

Lámparas de seguridad para minas.—Gijón: Luis Adaro.

VALENCIA

Lámparas incandescentes.—B. Cabañas.

VIZCAYA

Maquinaria y material eléctrico.—Bilbao: R. Eguren (41).—Deusto:

La Industria Electromecánica (30).—Bilbao: Martínez y Compañía, Luis del Barco, Medrano, Panzano y Bernal.—Algorta: Fábrica de cables eléctricos.

Soportes de hierro galvanizado para aisladores.—Pradera Hermanos y Compañía.

ZARAGOZA

Sociedad Española del acumulador Tudor, Construcciones eléctricas e industriales (S. A.) (alternadores, dinamos, etc.)

APENDICE IV

Industrias del material de transporte, de la madera, cemento, curtidos y otras.

(A) FÁBRICAS Y TALLERES DE MATERIAL DE TRANSPORTE

BADAJOS

Material fijo y móvil de ferrocarriles.—Mérida: Talleres de reparación de locomotoras y vagones de la Compañía M. Z. y A. (155).

BALEARES

Material fijo y móvil de ferrocarriles.—Palma de Mallorca: Talleres de la Compañía de Mallorca.

Locomóviles y bicicletas.—Palma: Darder Hermanos (15).

Construcción de carruajes.—Palma.—Con 10 a 15 obreros: J. Palmar, A. Más, J. Pericas, Cayetano Más.

Astilleros.—Palma: Miguel Tou Roselló, Baltasar Vich, N. Rubí, S. Lompart, Ballester Hermanos.

BARCELONA

Material fijo y móvil de ferrocarriles.—La Maquinista terrestre y marítima (1 000), Sociedad material para ferrocarriles y construcciones (coches, vagones, tranvías, etc.) (750), Torras y Girona (material para ferrocarriles).

Talleres de los ferrocarriles del Norte (San Andrés) (488), Idem id. de M. Z. y A. (Villanueva y Geltrú) (60), Idem id. de la Central Catalana (Martorell) (54).

Motores de explosión.—La Hispano Suiza (350); Elizalde y C. (91), Abadal y C. (36).

Carrocerías de automóviles y otros vehículos.—Abadal y C.^a (128), Betlla Hermanos (70), Juan Reynas (55), Compañía General de coches y automóviles (50), H. de J. Tayá (43), J. Roqueta (40), José Farré (35), Juan Molist (35), Juan Forcada (26), Caselles y C. (25), F. Capella (22), F. Figueras (16).

Reparación de automóviles.—Abadal y C.^a (36), Vallet y Fiol (S. en C.) (53), Autogarage Condal (14), E. Bertrand (13).

Astilleros.—Sociedad de Navegación e Industria, Talleres Nuevo Vulcano, Rafael Palau, Miguel Corbeto, Miguel Cardona, Burell.

BURGOS

Material fijo y móvil de ferrocarriles.—Talleres de reparación de la Compañía del Norte en Miranda de Ebro (30).

CADIZ

Construcciones navales.—Sociedad Española de construcciones navales (Puerto Real) (2.000).

CIUDAD REAL

Material fijo y móvil de ferrocarriles.—Talleres de reparación de locomotoras y vagones.—Ciudad Real: Compañía M. Z. y A.^a (250).—Alcázar: Compañía M. Z. y A. (290).—Puertollano: Marqués de Loring (19).

CORUÑA

Construcciones navales.—Ferrol: Constructora naval (2.693).—Coruña: Taller de reparación de Juan Chas (28).

GUIPUZCOA

Material fijo y móvil de ferrocarriles.—Irún: Compañía internacional de construcción de coches-camas (155), Talleres del ferrocarril del Norte (68).—Astigarraga: Talleres del ferrocarril eléctrico de Hernani (50).—Andoain: Compañía del tranvía de San Sebastián a Tolosa (77), Talleres del ferrocarril de San Sebastián a Pamplona (12).—Beasain: Sociedad construcciones metálicas, Fábrica de coches y vagones (960).—San Sebastián: El material industrial (S. A.).—Eibar: Sociedad Anónima Aurreará. Piezas para automóviles y material móvil de ferrocarriles.

Astilleros.—Pasajes de San Pedro: Erasó y C (63), F. Andonae-gui (30).

HUELVA

Talleres de la Compañía de Río Tinto, Idem de la Compañía Zafra (Huelva).

LEON

Material fijo y móvil de ferrocarriles.—Compañía del Norte: Taller del depósito de máquinas (406), Idem de material móvil (66).

MADRID

Material fijo y móvil de ferrocarriles.—Talleres de reparación de la Compañía M. Z. y A. (1.571), Idem id. de la Compañía M. C. y P. (Villaverde) (200).

MALAGA

Automóviles (reparación) A. Brun (15).

MURCIA

Talleres del ferrocarril de M. Z. y A. (Murcia) (120).—Aguilas: Idem del ferrocarril de Lorca a Baza (280).—Cartagena: Tranvía de vapor de Cartagena a La Unión (50).

NAVARRA

Vera: Fundición Bidasoa (50).

OVIEDO

Material para ferrocarriles y construcciones navales.—La Constructora Gijonesa (Gijón), Domingo de Orueta (Gijón) (vagones, furgones, coches, piezas forjadas y herrajes de todas clases).

SALAMANCA

Material fijo y móvil de ferrocarriles.—Talleres de la línea de Salamanca a la frontera portuguesa (107), Idem a Medina (36), Idem del Oeste (86).

SANTANDER

Material fijo y móvil de ferrocarriles.—Santander: Talleres de la Compañía del Norte (70).

Taller de material de ferrocarriles.—Corcho e Hijos.

Material aeronáutico.—Taller de aeroplanos (12).

VALENCIA

Vagones.—Devis e Hijos, Almacera.

Material de ferrocarriles.—Sucesores de Lladró (70).

VALLADOLID

Material fijo y móvil de ferrocarriles.—Compañía del Norte, Talleres

de reparación de máquinas y tenders (850), Idem de coches (700), Idem de material fijo (160).

VIZCAYA

Material de ferrocarriles.—Bilbao: Talleres de la línea Santander-Bilbao (30). — Sestao: Talleres del ferrocarril de Galdamas. — Durango: Talleres de los ferrocarriles Vascongados.—Deusto (Bilbao): Talleres, cambios de vía, vagonetas, etc.—Miravalles (Durango): Chavarri, Petrement y C.^a

ZAMORA

Material de ferrocarriles.—Taller de la línea de Zamora (70).

ZARAGOZA

Material de ferrocarriles y tranvías.—Talleres de construcción de coches, de Carde y Escoriaza (450) (construye también carros para el Ejército).

(B) MADERA

Aserrado mecánico (*).

ALBACETE

G. Fernández, F. Más y C., J. Garijo, A. Rubio, Serrería mecánica.

ALICANTE

Con 10 a 20 obreros, Alicante: R. Díaz, A. Pérez, Gras y Daquino.—Alcoy: Pascual Rodés, R. Cantó, S. Sirvent.—Denia: B. Monton, A. Mengual, J. Domenech.—Elche: Diez Hermanos, M. Ruiz, F. Sánchez, A. Serrano.

BALEARES

Soller: C. Ferrer, B. y F. Mayol, G. Vaquer.

BARCELONA

Con 30 a 50 obreros: H. de J. Zaya, Peix y Llorach, Llorach y C.^a, Armenteras y Arruga.—Con 10 a 25 obreros: B. Lazaternill, Jaime Castells, J. Verdura, Bernet, Betrán y Vargas, Maguñá y Costa, Magriñá y Ortiz, B. Marimón, J. Rivas, Jaime Puig.—Manresa, con 15 a 25 obreros: Viuda e Hijos de Marsal, F. Devant, Juan Torras, Julián Durán, Alter.

(*) Muchas de ellas tienen también, anejos, talleres de carpintería mecánica.

CANARIAS

J. Fortuny.

CASTELLON

Castellón.—De 20 a 25 obreros: José Arrufal, Enrique Jimeno y Salvador Aledón.—Burriana.—Con 25 a 40 obreros: J. M. Recatalá, F. Ros.—Almazora: V. García Petit (16).

CADIZ

Con 20 a 30 obreros: A. Gandul, Hijo de S. Argudo, A. Estrade y C.—Jerez de la Frontera: S. de Catalina, Viuda de Olavarrieta.—San Lúcar de Barrameda: L. del Prado (18), J. Morgado, L. Ortega.

CORUÑA

Antonio Jaspe (50), Antonio Ways (30), Hijos de M. Cervigón (10), R. Vázquez (20), P. de Bernardo (15).—Ferrol (Graña, San Felipe): R. Pereira (17), J. Ramón Otero (12).—Noya: J. Pérez Fernández (40).—Betanzos: Núñez y C. (18).—Santiago: U. Anido (14), R. Rivera Fernández (14).

CORDOBA

Carbonell y C., La Cordobesa, J. Molina, R. Morales, V. de Montijano.

CUENCA

J. Correcher, B. Jiménez, P. Serrano, C. Verdré, Gascueña y Pérez.

GERONA

J. Alsina, F. Anguet, B. Jovet.

GRANADA

E. Carrillo, J. García Calvo, F. López.

HUELVA

E. Díaz (27), E. Riehl (19), A. Domínguez.

HUESCA

Serrería mecánica (12), S. Bernués, M. Bescós, F. Campos.

LEON

Gutiérrez y C. (17), Zorita y del Río (10).

LUGO

Sonto y C. (12).

MALAGA

Sánchez Zambrano (10).—Con 20 a 30 obreros: Hijos de Valls, Hijos de M. Utrera, Garcia Herrera, Marcos Pérez.

NAVARRA

Erice y Aldar (17), El Irati (S. A.) (103), Tabar y C., R. Zalva, J. Gloria.

OVIEDO

Marcelino Fernández (20), Pedro Rubín (11).—San Juan de Nieva: La Compañía de maderas (S. A.) (50).—Gijón: Hijos de A. Lantero (50), Juan G. Posada (21).—Trubia: José Fuente (20).—Avilés: Castro y C. (12).

PONTEVEDRA

Luis Fonseca y C. (15), Pazos, Moreira Hermanos (21).—Vigo: Candeira y Estén (54), R. Gil (30), Enne y C. (18).—Villagarcía: Manuel Lema (11).

SANTANDER

Compañía de maderas (25), Leopoldo Pardo (12).

SEGOVIA

San Ildefonso: Real Patrimonio (67).

SEVILLA

Miguel Palacios (180), Hijos de M. Palacios (93), Carbonell Hermanos (46).—Con 15 a 20 obreros: Hijos de M. G. Monta, Unión Resinera Española, Cayetano Macías.

TERUEL

Vicente Herrero (64).

VALENCIA

Con 15 a 20 obreros: R. Olmos, F. Andrés, José Vidal.—Algemesí.—Con 15 a 25 obreros: J. Ripoll, J. Ramírez, Viciano y Castelló.—Gandía: Paris Hermanos (75), J. Collado (30), S. Bert (15), T. Melo (18).—Carcagente: J. Tudela (70), S. Gomis (12).—Alcira: Tudela y Ballester (40), J. Quilez (12), V. Sanchíz.—Puebla: Bolindres y Talens (10).

ZARAGOZA

Induran, Esteban y C. (38), Fayanas, Palacios y C. (25), A. Nicolás (20), Santiago Clavero (30).

Carpinterías mecánicas (*).**ALBACETE**

A. Rubio.

BARCELONA

Vilardell (45).—Con 25 a 40 obreros: José Sarasols, Casas y Bardes, Juan Cabrugo.—Con 15 a 25 obreros: F. Sangra, Joaquín Petel, Moncaunt, Planas y Fort.—Manresa: Andreu y C.^a

BURGOS

Con 26 a 30 obreros: García y Valdivieso, F. Martínez, Toribio Landia.

CÁDIZ

Con 15 a 20 obreros: H. de Alvarez, E. Gros, Otras varias.—Jerez de la Frontera: J. Rubio (25), J. Contreras (12), J. Terry (11), Otras varias.—San Fernando: José Vila (13).

CANARIAS

Las Palmas.—Con 25 a 40 obreros: Peñate y C., Hijos de Julio Talavera.—Con 12 a 20 obreros: J. Lison, M. Gil, J. Gil Rosado, D. Artiles.

CASTELLON

E. Gimeno (25), Hijos de Nicolau, M. Serrano, Sociedad de carpinteros.

CORUÑA

Andrés Revoredo (34), B. Iturriaga (12), J. Chas (12).

CUENCA

Electromecánica Conquense.

GUIPUZCOA

San Sebastián: Echevarría Eleicegui (60), Aguirre e Irazabalbeitia (38), Tellería y Lerchundia (25).—Con 10 a 20 obreros: Altuna e Ibarlucea, Iarza e Eceizabarrena, Lerchundi y Zaldua, Garín y Aldabalde.

HUESCA

F. Arnal (17), M. Arán, V. Cajal (12), F. Lafarga (10).

(*) Frecuentemente tienen sierras mecánicas

LEON

Miguel Pérez (20), Cesáreo Guerra (15).—Astorga: A. Alvarez (17).

LOGROÑO

Hipólito Bergasa (86), J. Escalona (24), P. Marín (10).

SANTANDER

Con 10 a 20 obreros: M. Maza, P. Crespo, G. Ingelmo, Hijos de J. Bustamante.

TERUEL

Jesús Rubio (12).

VALLADOLID

Con 20 a 25 obreros: M. Osorio y C., Delibes y C.—Medina del Campo: Viuda e H. de Velasco (15).

VIZCAYA

Bilbao.—Con 10 a 25 obreros: T. Echevarria, A. Zabalantena. R. Azunandi, Galdos y Ezpeleta, Hormachea y Arana, J. Urisbaterra, Domingo y Luis, Mandiola y C., A. Arrieta, Alberdi y C.^a—Con 30 a 45 obreros: S. Salvador y C., I. Orbegoza, Lund y Clausend.

(c) FÁBRICAS DE CEMENTO**BALEARES**

Esportas: La Nacional (24).—Palma: Riera y Cabrer (20).—Establiments.—Con 12 a 20 obreros: B. Moner, Pons y Borrás, Bauza y Gil.—Buñola: Juan Far (10).

BARCELONA

Pobla de Lillet:—Cementos Asland (500).—Vallcarca: Fradera y Butsers (284).—Badalona: Ernesto Miñana (112), Joaquín Ferrer (20).—Monjos: Frexas (200), Juan Miret (80).—Igualada: Permanyer (50).—Barcelona: Juan Omedas (55).—San Celoni: La Calpineme (11).

CASTELLON

Pequeñas fábricas de J. Guerrero y J. Jarcha.

CIUDAD REAL

La Cañada: José Ayala (25).

CUENCA

Atienza y Compañía.

GERONA

José M. Pérez (20).—San Juan de las Abadesas: Viuda de Federico Martínez (70), Viuda de A. Cabot (35), R. Banet, P. Ferrer.—Campdevanol: Illa y C. (70).—Castelfullit: R. Caula (15).—San Julián de Ramis: M. Pérez (35), Pedro Omedes (20).—Bañolas: V. Laqué (12).

GUADALAJARA

Montarrón: Córdoba Hermanos, El Henares (72).—Matillas: El León (483).

GUIPUZCOA

Añorga: Hijos de Rezola (250).—Hernani: C. Figueredo (16).—Irún Olazabal y C. (20).—Cestona.—Con 25 a 40 obreros: Agote, Costa y C., Gracian Alberdi, Sansinenea e Hijos.—Con 15 a 20 obreros: J. Echevarría y C., Uriarte Zubimendi y C.—Brincola: G. Alberdi (35).—Zumaia: Olaizola y C. (12).

HUELVA

Compañía de Río Tinto (1.320).

HUESCA

Castiello: Díez y Cajal (16).—Jaca: Oliván Hermanos (30).—Tardienta: Viuda de Montestruc (12).

JAEN

J. Soriano.

NAVARRA

Olazagutia (marca Cangrejo) (244).

OVIEDO

Tudela Veguín (S. A.) (187).

PALENCIA

Villarramiel.—Con 10 a 15 obreros: V. Prieto, S. Sánchez, M. Fernández, J. Serrano, J. S. Tejerina (25).

SANTANDER

Nueva Montaña: Sociedad Angloespañola (24).

TARRAGONA

Benifallet: J. Mayor (60).—Tortosa: Esteban Duart (20).

TOLEDO

Castillejo: Sociedad Iberia (190).

VALENCIA

Buñol: Sucesores de Renovell (10).

VIZCAYA

Sestao: Sociedad General de Cementos Portland (80). Fábrica La Bilbaina (25), Fábrica de S. Antonio. (20) — Bilbao: La Constructora bilbaina (10).

ZARAGOZA

La Aragonesa (Quinto).

(D) FÁBRICA DE CURTIDOS**ALAVA**

Vitoria: Viuda de Dublang (64), Lejarreta y C. (31).—Otras fábricas: E. Ariza, J. Burgo, V. de Esteban, Iriarte y Guinea.

ALMERIA

M. Martínez, R. Rodríguez, E. Fernández.

BADAJOS

Varias fábricas de poca importancia en Mérida, Zafra, Don Benito y Jerez de los Caballeros.

BALEARES

Palma.—Con 12 a 20 obreros: F. Salar, J. Rubert, J. Vidal.—Con 26 a 40 obreros: P. Cavaller, Hijos de J. Gil, J. Ros.—Otras fábricas de menor importancia: M. Arbona, J. Castell, P. Estrany, A. García, M. Gari, F. Massanet, G. Mercadal, J. Morey, M. Pons, A. Ramonell, T. Roca, J. Roselló, B. y M. Sabater, J. Servera, P. Tirany y B. Tocho.

BARCELONA

Recasens y Valls (90), A. Perela (50).—Con 20 a 30 obreros: Valls y Puigdemont, Miralles, H. de Ramón Sabata, M. Catín, Antonio Puig, Casals y Sabater.—Con 12 a 20 obreros: La Calle y C., Salvador Rico, F. Roig, M. Damón, Castells, Torabadella y Montaner.

Igualada: Rafael Valls (30).—Con 12 a 20 obreros: A. Balisi; J. Esteban, R. Vives, R. Castelltort, Gabarros y Valls.

Vich.—Con 12 a 20 obreros: V. e H. de Jaime Rius, H. de Munmany, A. Gudiol, R. Garreta, M. Cortina, A. Aguilar.

Badalona: Sucesores de Carlos Le Boeuf (100), Luis Izamat (42).

Mollet de Valls: Tenería Moderna Francoespañola (355).

La Garriga: J. Vilanova y C. (47).

Mataró: S y J. Cuadrado (17).

Arenys de Mar: J. Formentí (18), S. Catalá (12).

Granollers: Saló Hermanos (11).

CORUÑA

Santiago: Carmen y Guadalupe (J. Arguindey) (70), Viuda de Arguindey (16) —Noya: Varias de pequeña importancia. —Betanzos: Marcelino Echevarría (40), Mendivuru Hijos. —Puentedeume: Pardo y C. (40). —Padrón: Novo y Sierra (40).

CUENCA

A. Morales.

GERONA

Blanes: Rosendo Tosas (39). —Figueras: F. Geli (23), P. Moradell (20), P. Alegri, J. Barrio, F. Camps, R. Carreras, M. Garrigo, S. Minobis, C. Montaña, J. Pacareu, J. Pomes, J. Puigferrer, S. Turró. —La Bisbal: E. Roig (21), V. Mir, V. e H. Romaguera (10).

GRANADA

Con 10 a 20 obreros: Pedro Doña, P. López Roges, Viuda de Jiménez, J. Romero, J. López, Villaespesa Hermanos, M. González.

GUIPUZCOA

San Sebastián: Miguel Tello (39) —Hernani: F. Montes (20). —Vergara: Díaz Mendivil y C. (58). —Anzuola: F. Olanar (60), B. Bareno (12). —Irún: Camino y Solís (16). —Otras fábricas de menos importancia en Deva, Tolosa y Oñate.

JAEN

B. Gómez.

LEON

Con 10 a 25 obreros: F. Morán, R. Lescun, Hijos de S. Eguiagaray, Hijos de M. Eguiagaray. —Fresno de la Vega: F. Gigoso (15). —Astorga: H. Cagarro (16). —Santa María del Páramo: C. Ferrero (12), T. Villalobos (15).

LOGROÑO

C. García, Hijo de F. Pascual.

MALAGA

Con 15 a 20 obreros: F. Cueto, E. Ortega, F. Ortiz López.—Coin: García y García (18).—Ronda: Hijos de E. Rivera (12).

NAVARRA

Pamplona: Alejo Aldar (15).—Estella: Hijos de Isidoro Polo (14), P. Ruiz e Hijos (14).

OVIEDO

Avilés: Maribona Hermanos (63).—Oviedo: J. González, Alegre (29).

PONTEVEDRA

J. Echevarría (20).

SALAMANCA

Con 10 a 20 obreros: F. Herrera, J. Castrillo, Viuda de J. González, Hijos de Lis, J. Montero, Luis G. Romo, Carlos Romo, José Herrera, Hijo de V. Herrera, M. Madruga.—Con 25 a 40 obreros: A. Herrera, B. Diego.—Vistahermosa: J. Charro (75), S. Charro (63).—Puerto Béjar: Sucesores de J. Gregorio (42).—Béjar: J. Galindo (14), T. Arguindey (21).—Alba de Tormes: B. Corredera (20).—Peñaranda: H. de Juanes (24), Martínez y C. (14).—Ledesma.—Con 11 a 20 obreros: F. Iglesias, Viuda de Rodríguez, A. Rodríguez.—Vitigudino: F. Cruz (10).

SANTANDER

Torrelavega: Alejo Etchart (12).

SEGOVIA

Con 16 a 20 obreros: L. Moreno, V. Rueda, L. González, Hijos de E. Redondo (28).

TARRAGONA

Valls.—Con 10 a 20 obreros: P. Vives, J. Vives, J. Monserrat, J. Rull, R. Tomás, Ramón Homs, J. M. Cuadrado, Francisco Vives, Monserrat y Soler.—Reus: D. Cuadrado, A. Ruiz, A. Sugrañes, J. Serra

VALENCIA

José Bernat (28), Onís Hermanos (16), José Mompó (16).

VALLADOLID

Con 30 a 40 obreros: A. Olea, Darío Perelétégui, Díez, Moratinos y C., Hijos de I. Dibildos, M. Quintanilla (13), Felipe Dibildos (12).—Riosco: Hernández Hermanos (16).

VIZCAYA

Bilbao: Viuda de Dublang (64), Lejarreda y C. (31).—Lemona: La Vizcaina (27).—Villaro: Jenaro Berratabueña (11).—Durango: Viuda de Imar (14), Undabeitia y C. (16), P. Mendía y C. (24).

ZARAGOZA

Monserrat Hermanos (30), Viuda de F. del Mas (11), M. Gil (15).—Tarazona: Julio Montes (70).

(E) CORDELERÍA**ALICANTE**

Villajoyosa: Hijo de Juan Lloret (146), Pedro Lloret (112), V. e H. de J. Ruiz (70), Gaspar Ruiz (60), José Senabre (45), Vicente Lloret (34).

BARCELONA

Enrique Pérez Hermanos (S. en C.) (416), M. Pardo (72), J. Ribó (78), Domenech H. (69), Jaime Cumenja (18), Martín Lloreda (14), Pujos y C.^a (S. en C.), Blay, V. e H. de J. Borrull, J. Ferrán, R. García, A. Garriga (21), J. Martí, S. Oliver, R. Ollé, J. Quer, J. Roca.—Sabadell: Joaquín Arimón (18).

BALEARES

Palma: B. Catalá (60), A. J. Marroig (23).

CASTELLON

F. Armengot (16), F. Mut, A. Pellicer, J. Prades, Viuda de Segura, G. García.

GRANADA

Antonio Ariza (16), Palarza y Fernández (14).

GUIPUZCOA

San Sebastián: (S. A.) Mamelena (15).

SALAMANCA

Ledesma: L. Moretón (12).

SANTANDER

Viuda • Hijos de Arrarte (22).—Renedo: El Monte Carmelo (S. A.) (16).—Torrelavega: Viuda de Ortega (23), V. Tejedor (17).

SEVILLA

Rafael Paez (48).—Con 20 a 30 obreros: José G. Bernabeu, Nicolás de Pineda, J. Alperiz.—Con 12 a 20 obreros: T. García, M. Avila, Viuda de Alperiz, J. Virtudes.—Osuna: J. Cordero, (14), Viuda e Hijos de Martín (12).

VIZCAYA

Deusto: Uribarri y C. (32), Viuda e H. de Momeñer (21).

ZARAGOZA

Hijo de Martín (35).



INDICE

	Págs.
I.—Importancia de la preparación industrial para la guerra.....	5
II.—Enumeración de las industrias relacionadas con la guerra.....	7
<i>Material de guerra en general.....</i>	7
<i>Material de Ingenieros.....</i>	8
III.—Combustibles minerales.....	10
Hulla, Antracita, Lignito.....	10
Cok.....	12
<i>Desequilibrio entre la producción hullera y el consumo.—Modo de evitarlo..</i>	13
IV.—Hulla blanca.....	15
V.—Metalurgia y siderurgia.—Trabajo del hierro y del acero.....	17
<i>Importancia militar de la metalurgia.....</i>	17
<i>Nuestra riqueza minerometalúrgica.—Una gran parte está desnacionalizada.</i>	18
<i>Algunos datos minerometalúrgicos de metales distintos del hierro.....</i>	21
<i>Nuestra producción siderúrgica.—Deficiencias.—Desarrollo de la industria</i>	26
<i>Importancia para las industrias y la defensa nacional de la electrosiderurgia</i>	29
<i>Trabajo del hierro y del acero.....</i>	30
VI.—Industrias químicas aplicables al material de guerra, especialmente al de Ingenieros.....	34
<i>Importancia militar de las industrias químicas.—Su desarrollo en España</i>	34
Hidrógeno.....	35
Benzol.....	37
Ácidos sulfúrico y nítrico.....	39
<i>Fabricación de pólvoras y explosivos.—Características de los empleados por los ingenieros militares.....</i>	41
<i>Primeras materias para la producción de pólvoras y explosivos.....</i>	43
Glicerina, Ácidos sulfúricos y nítrico, Celulosa.....	43
Cresol, Fenol, Naftalina, Tolueno, Eter sulfúrico.....	44
Materias inertes para la fabricación de la dinamita.....	45
<i>Otras aplicaciones militares.—Gases asfixiantes y lacrimógenos.—Líquidos inflamables.....</i>	45
VII.—Industrias eléctricas.....	47
<i>Estado general.....</i>	47
Material eléctrico de Ingenieros.....	50
VIII.—Material de transporte.—Caucho.—Industrias de la construcción y otras.....	51
<i>Material de transporte.....</i>	51
Caucho.....	53
<i>Industrias de la construcción y otras.....</i>	53
IX.—El Fomento de la producción nacional.....	55
X.—Apéndices.—Noticia de los principales centros de producción industriales.....	61
<i>Núm. 1.—Industrias minerometalúrgicas.—Trabajo del hierro y del acero.</i>	61
<i>Núm. 2.—Industrias químicas.....</i>	75
<i>Núm. 3.—Industrias eléctricas.....</i>	79
<i>Núm. 4.—Transporte.—Caucho y otras industrias.....</i>	81

TEORIA Y DESCRIPCION DE UN DIFERENCIADOR

TEORIA Y DESCRIPCION

DE UN DIFERENCIADOR

POR

EDUARDO MIER Y MIURA

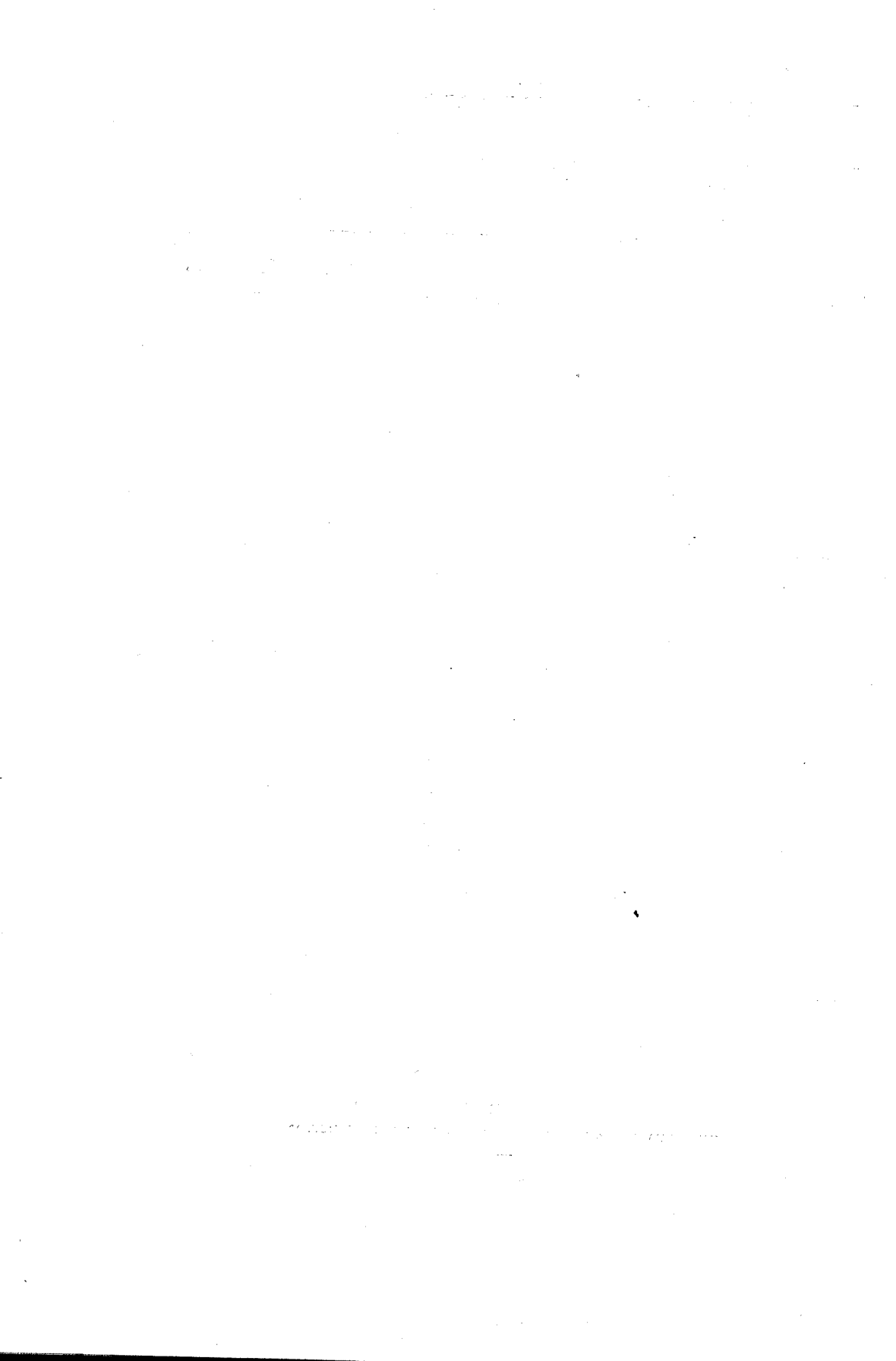
CORONEL DE INGENIEROS
INSPECTOR GENERAL DEL CUERPO DE INGENIEROS GEÓGRAFOS
ACADÉMICO DE CIENCIAS, ETC,



MADRID

IMPRENTA DEL «MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO»

—
1917





INTRODUCCIÓN

En la sesión de 23 de febrero de 1901, el Sr. Voigt presentó en la Real Sociedad de Ciencias de Gotinga la obra del ilustre profesor Wiechert, de universal y merecido renombre, *Teoría de los Sismógrafos automáticos* (1), que fué aceptada por los sabios de casi todos los países y ha imperado como cierta e indiscutible.

Conviene recordar al lector que los péndulos sismológicos más usados y que pueden considerarse en teoría como el caso general, del que se derivan fácilmente los demas, mediante las consiguientes hipótesis, son los denominados péndulos horizontales, que llevan este nombre por suponerse que si se descompone un movimiento sísmico según tres ejes coordenados X , Y y Z , de los cuales es vertical el último, los citados instrumentos registran sólo la componente horizontal, según el X o el Y , con arreglo a la orientación que se les dió.

Toda la gran variedad existente de péndulos horizontales puede reducirse, desde el punto de vista mecánico, a un solo tipo, formado por un eje, inclinado respecto de la vertical, en torno del cual puede oscilar la masa pendular, así es que un eje que forma un ángulo muy pequeño con la vertical, y un brazo, más o menos largo, normal a ese eje y provisto de una masa en el extremo opuesto al de giro constituyen, en resumen, un péndulo horizontal.

Al girar ese brazo describe en el espacio un círculo, normal al eje de giro e inclinado por lo tanto, y la masa pendular tiende a situarse, por la acción de la gravedad, en el punto más bajo de ese círculo, representando, por lo tanto, la línea de máxima pendiente del plano de oscilación, en los péndulos horizontales, el mismo papel que en los ordinarios hace la vertical, en torno de la cual oscila el péndulo hasta quedarse en ella, como situación definitiva de reposo.

Se pretende, en la teoría de Wiechert, y por todos se ha aceptado, a juicio del autor erróneamente, que un péndulo horizontal sólo obedece a las impulsiones terrestres normales al plano vertical determinado por

(1) Wiechert. *Theorie der automatischen Seismographen*-Berlin-1903.

el eje de giro y la línea de máxima pendiente del plano de oscilación, impulsiones que por ser horizontales dan su nombre al péndulo que las registra.

Por el influjo de esas ideas, se admite en Sismología que cuando el plano vertical del eje de giro y de la línea de máxima pendiente del plano de oscilación de un péndulo horizontal coincide con el meridiano, registra sólo la componente *E. W.* de los movimientos sísmicos y que si esa coincidencia es con el primer vertical se registra no más que la componente *N. S.*

La tercera componente, o sea la vertical, se afirma que es la única que registran los llamados, por este motivo, péndulos verticales, formados generalmente por una masa puesta al extremo de un resorte plano, empotrado en un pilar.

Wiechert estableció, como uno de los resultados finales de su teoría, una ecuación diferencial del movimiento de los péndulos de cinco términos, dos de los cuales se refieren a las influencias de los cambios de la gravedad: el uno para tener en cuenta las variaciones de esa fuerza en un mismo lugar y el otro para tomar en consideración las alteraciones experimentadas por la dirección de esa fuerza.

Como de prever era, la práctica demostró que podía prescindirse de esos dos términos, porque ningún influjo apreciable tenían, dada su gran pequeñez en todas ocasiones y el propio autor, después de efectuar experimentos, en su observatorio sismológico de Göttinga, propuso (1) su exclusión y adoptó, bajo otra forma, la ecuación que, por otro método que él, halló después el príncipe Galitzine, eminente sismólogo ruso recientemente fallecido (2).

Esta ecuación, de tres términos, adoptada por los sismólogos como verdadera es:

$$\theta'' + n^2 \sin \theta + \frac{x''}{l} \cos \theta = 0 \quad [1]$$

en la que

θ es el ángulo formado por el péndulo en movimiento con su posición normal,

θ'' , la aceleración angular correspondiente,

l , la longitud del péndulo,

(1) Wiechert. Prinzipien für die Beurteilung der Wirksamkeit von Seismographen. Publicado en: Verhandlungen der vom 11 bis 13 april 1901 zu Strassburg abgehalten Ersten Internationalen Seismologischen Konferenz—Leipzig 1902—Página 271.

(2) Galitzine. Vorlesungen über Seismometrie—Leipzig und Berlin—1914.

x'' , la componente de la aceleración del eje del péndulo, o sea la del movimiento sísmico, única que se dice registra el sismógrafo y

$n = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g \cdot \sin i}{l}}$, siendo T el período completo del péndulo e i el ángulo formado por la vertical y el eje de giro.

Persuadido el autor del presente trabajo de que esa ecuación, a pesar de su universal aceptación, era errónea, publicó en 1914, como una de las partes de un estudio (1), una teoría de los péndulos sismológicos, en la que evidenciaba el error de concepto en que se había incurrido al pretender demostrar la referida ecuación de tres términos y para sustituirla daba esta otra:

$$\theta'' + n^2 \sin \theta + \frac{x''}{l} \cos \theta + \frac{y''}{l} \cos i \sin \theta + \frac{z''}{l} \sin i \sin \theta = 0 \quad [2]$$

en la que resultaban dos términos nuevos, que correspondían a las componentes y'' y z'' de la aceleración terrestre según los dos ejes distintos de aquél en que se hallaba la componente x'' , que se suponía equivocadamente que tan sólo registraba el sismógrafo, con ese objeto orientado.

En la teoría reinante de los sismógrafos se introduce en la ecuación [1] la hipótesis $\sin \theta = \theta$ y $\cos \theta = 1$, se le agrega el término $2\varepsilon\theta'$, en que ε es el coeficiente de amortiguamiento y se obtiene la

$$\theta'' + 2\varepsilon\theta' + n^2\theta + \frac{x''}{l} = 0 \quad [3]$$

que, mediante largos desarrollos de cálculo, llega a integrarse y da una expresión lineal, que liga θ , con la componente x del movimiento sísmico según el eje X , es decir que establece la relación deseada entre esta incógnita y el dato θ , directamente proporcionado por los sismogramas.

Pero esta es una ventaja ficticia de la ecuación [1], toda vez que, por numerosas razones, no puede aceptarse como ecuación general de los sismógrafos, según demostró el autor de este escrito (2).

No queda, por lo tanto, otro recurso que utilizar la ecuación [2], que es la verdadera y huir de las [1] y [3], que son falsas.

Las dificultades de integración que ofrece la ecuación [1], aun aceptando para ello convenios muy discutibles y figurando solo dos variables

(1) Les équations fondamentales et l'amortissement des sismographes—Madrid—1914.

(2) Véase la obra antes citada.

θ y x , se convierten en verdadera imposibilidad al tratar de la ecuación [2], con cuatro variables θ , x , y y z y a primera vista parece que al establecerla y razonarla sólo se ha conseguido destruir una teoría falsa y dar la verdadera; pero, esta última con el gravísimo defecto de no ser utilizable en la práctica y resultar, por lo tanto, completamente inservible para las necesidades de la Sismología.

Sin embargo, no es así, porque el problema que en esa ciencia trata de resolverse es el de hallar en cada instante el valor y la dirección de la aceleración terrestre, o de sus tres componentes x'' , y'' y z'' , puesto que esa aceleración es la que mide realmente los efectos dinámicos del movimiento sísmico y basta pensar en que además de la [2], que liga las tres variables x'' , y'' y z'' , pueden establecerse otras dos ecuaciones más, distintas, que las relacionen entre sí y hagan determinado el problema de conocerlas.

En efecto, esa ecuación [2] es la que corresponde al péndulo orientado, según la falsa teoría reinante, para registrar solamente la componente x'' ; otro péndulo orientado normalmente al anterior proporcionará una segunda ecuación entre x'' , y'' y z'' y otro más, de los que se admitía erróneamente que sólo registraban la componente vertical z'' , proporcionaría otra tercera ecuación entre esta última variable y x'' o y'' , o bien entre las tres, según la orientación que se le diera (1).

Figuran en ese sistema de tres ecuaciones de primer grado con las tres incógnitas x'' , y'' y z'' , además de éstas, las constantes l , i y n y las variables $\sin \theta$, $\cos \theta$ y θ'' , y como θ es conocido, por los sismogramas, una vez determinado θ'' , el problema queda reducido sencillamente a resolver tres ecuaciones con otras tantas incógnitas.

No parecía que había de ofrecer grandes dificultades esa determinación de θ'' puesto que de la curva dada por los sismogramas, en función del tiempo:

$$l\theta = f(t)$$

debía ser fácil deducir la curva de las velocidades:

$$l\theta' = f'(t)$$

y la de las aceleraciones tangenciales del péndulo:

$$l\theta'' = f''(t).$$

De primera intención dió el autor de este trabajo por completamente

(1) Obra citada, pág. 37.

resuelto el problema sismológico, porque, dada la profusión existente de instrumentos integradores y los muchos trabajos realizados por los matemáticos para deducir de una curva dada los valores que a su integral corresponden, ya por cálculo o bien de un modo gráfico, como lo consigue el integráfo de Abdank-Abakanovicz suponía que, aunque fuera desconocido en detalle el asunto para él, de sobra estaría resuelto el problema inverso de hallar, numérica y gráficamente, los valores de la diferencial de una curva dada.

Pero, al inquirir de unos y otros el nombre de los diferenciadores o derivadores, que en concepto suyo era lógico que existieran, con objeto de adquirir alguno, resultó que nadie le daba razón de tales instrumentos y su decepción fué completa cuando consultado acerca de este asunto un eminente matemático, dado a este género de conocimientos, recibió de él una respuesta, a la cual pertenecen los párrafos que siguen:

«En la obra de Morin *Les Appareils d'Integration*. París, 1913, dice: «La construction de dérivateurs ou différentiateurs n'est pas sans présenter des sérieuses difficultés de réalisation». Y nada más sobre ellos.»

«En el libro Jacob *Le calcul mécanique*. París, 1907, dice: «On peut dire qu'il n'existe pas des différentiateurs, c'est á dire d'appareils permettant de calculer facilement la dérivée d'une fonction donnée par une courbe.»

«Ceci tient sans doute a la nature même de la question. La tangente en un point d'une courbe expérimentale est très mal déterminée, et, si on veut suivre la courbe on commet á chaque instant des erreurs de direction, qui, sans influence sensible quand il s'agit de calculer l'aire de la courbe, en ont au contraire une très grande s'il s'agit de déterminer sa tangente.»

«Les appareils de Helle-S'han, qui paraissent être les plus connus, ne sont pas, en resume, des vrais différentiateurs et ne donnent la dérivée de la fonction que quand ils sont arrivés au repos; ils ne donnent donc pas cette dérivée d'une façon continue.»

«Ce sont des appareils qui permettent de trouver la vitesse de rotation uniforme d'une machine par comparaison avec une autre vitesse également uniforme et connue.»

«Ve V.», agregaba mi sabio amigo, «que esto dista mucho de servir al objeto que V. persigue y después de haber revisado cuidadosamente nuestra biblioteca matemática, me atrevo casi a asegurar que este aparato es el único de su género.»

La cuestión quedaba aclarada suficientemente y por cierto de modo algo cruel para el autor, que se hallaba ante el fracaso de haber destruido

una teoría científica falsa y de haber creado en lugar de ella otra verdadera; pero, completamente inútil en la práctica.

El dilema que se presentaba no tenía escape: o dejar todo el trabajo hecho acerca de las ecuaciones fundamentales de la Sismología como uno de tantos estudios teóricos, sin finalidad práctica alguna, o idear algo que permitiera deducir, por el cálculo o gráficamente, los valores de las curvas diferenciales, de velocidades y aceleraciones, que correspondían a las de los espacios, dadas por los sismógrafos.

Ante tal dilema el autor no vaciló un solo instante y acometió la empresa de idear algún diferenciador que para su objeto sirviera, emprendiéndola con gran desconfianza, fundada en las dificultades que habían hecho fracasar hasta ahora los esfuerzos hechos para crear ese género de instrumentos, y en la seguridad con que afirmaban algunos eminentes matemáticos que era imposible llegar a existir diferenciadores por la naturaleza misma del problema que habían de resolver.

Cierto es que cabía el recurso, que a falta de algo mejor se emplea en la práctica y que muchos tratados de Mecánica dan como fácil y bueno, de trazar las tangentes a la curva de los espacios, para obtener el valor de los coeficientes angulares de ellas y, por lo tanto, el de la diferencial que corresponde a cada punto de la curva dada.

Pero este procedimiento gráfico equivale a escribir una fantástica novela, porque eso de trazar la tangente a una curva es tan fácil de decir como imposible de realizar con precisión, en la casi totalidad de los casos y, como puede asegurarse que para cada operador es, en general, distinta la tangente que resulta, entre seguir ese método de diferenciar y quedarse sin ninguno no es dudosa la elección, por poca severidad científica que se tenga.

Era, por lo tanto, imprescindible dedicarse a inventar algún instrumento diferenciador. Esto hizo el autor y por tal motivo parece oportuno decir cuatro palabras acerca de ideas antes muy arraigadas, que aún subsisten, a pesar de haberse iniciado su rápida decadencia, acerca de las invenciones diversas que continuamente se realizan.

Porque hay todavía muchísimas personas que tildan de insigne pretensión y pedantería decir de antemano que se trata de realizar tal o cual invención, cuando todos los inventos se deben, según ellas dicen, a la casualidad.

Para esas personas todos son descubrimientos o hallazgos y oportuno parece indicar que no es así.

Se *descubre* lo que ya existe y *descubrimiento* de una de las leyes del péndulo fué el que hizo Galileo cuando observó el isocronismo de las oscilaciones de una araña en la catedral de Pisa.

Tiene un *hallazgo* el que se encuentra impensadamente algo que no buscaba. Hallazgo fué, por ejemplo, el de Nicholson y Carlisle, que al tratar de cerrar el circuito de una pila de Volta, sumergiendo el extremo de un alambre en una gota de agua acidulada, puesta sobre el disco superior de la pila, vieron producirse burbujas, y sin pensar antes en ello, dieron casualmente con la electrolisis del agua, punto de partida de tantas y tantas aplicaciones electro-químicas.

Pero, los verdaderos *inventos* ni son *hallazgos* ni *descubrimientos*, porque sus autores se plantearon antes el problema y emplearon para su resolución cuantos recursos les sugería su saber y su ingenio.

El inventar es un arte que, como tal tiene sus reglas, como las tienen la Poesía, la Pintura, la Escultura, el Arte militar, etc., etc.; y claro es que así como no basta para pintar un buen cuadro conocer todas las reglas pictóricas, ni son grandes capitanes todos los que saben Arte militar, tampoco son suficientes, por sí solas, las reglas del Arte de inventar y algo más que ellas es necesario para llegar a producir inventos prácticos o teóricos, que de más o menos importancia sean.

Nuestro gran filósofo Balmes, creemos que era quien clasificaba los hombres en *hombres-fábricas* y en *hombres-almacenes*. Al primero de estos grupos, pertenecen los que crean, los que inventan algo nuevo; al segundo los eruditos, que almacenan y exponen lo que otros idearon, y unos y otros son indispensables para el humano progreso. Ambos grupos son dignos de afecto y consideración y no está bien tratar a los inventores con las prevenciones, burlas y desvíos con que suele agraciárseles, mientras no triunfan.

Claro es que una buena fábrica necesita tener buen almacén y que fracasará muchas veces si no cuenta con él. De esto proviene el mal éxito de quienes tienen a veces excelente máquina de discurrir; pero, carecen de conocimientos fundamentales. Sin embargo, no debe exagerarse la importancia de adueñarse de conocimientos ajenos.

Precisamente los sistemas de enseñanza caen en esa exageración y tienen el capitalísimo defecto de hacer que se aprenda mucho; que se almacenen creaciones ajenas, y que se medite, se discurra y, por lo tanto, se fabrique de cosecha propia poco o nada. El día en que se inviertan los términos y se aprenda poco y muy bien y sobre ello se haga meditar mucho, exigiendo críticas, opiniones propias e ideas nuevas, dará enorme avance la marcha del verdadero progreso.

Se presta tal asunto a largas y provechosas consideraciones; pero, no parece este lugar adecuado para desarrollarlas y basta con lo ya dicho, para salir al paso de la turbamulta que no habiendo tenido en toda su vida una sola idea propia, miran con singular prevención a los invento-

res y tratan de pretencioso al que se propone idear algo nuevo y determinado.

Quien tal hace no merece el título de pretencioso más ni menos que el pintor que dice va a pintar un cuadro con determinado asunto. La pretensión censurable aparecería cuando este pintor agregase que su cuadro era admirable o cuando el inventor asegurase que nadie había capaz de producir lo que él creó.

Pero cuando el inventor está firmemente persuadido de que como su máquina de discurrir o mejores que ella hay otras muchas y de que los conocimientos que en su almacén tiene son idénticos a los que otros poseen, sabe de antemano que lo fabricado por él, pueden producirlo otros muchos y en ello no funda orgullo alguno.

Por lo contrario, abundan los casos en que lo nuevamente ideado no satisface del todo a su autor y así sucede en el presente, en que el diferenciador, que más adelante se describe, tiene, a juicio de quien lo creó, el defecto de ser de manejo muy pesado.

Los instrumentos análogos a ese diferenciador suelen tener, como él, fundamento muy sencillo; ejemplo palpable de ello es el intégrafo de Abdank-Abakanovicz, cuyo principio científico se expone en cuatro líneas del folleto que acompaña al aparato; pero la dificultad consiste en dar con ese fundamento sencillo y aceptable.

Puede utilizarse el diferenciador para medir coordenadas, con gran precisión y podría servir, introduciendo en él ligeras modificaciones, de intégrafo, y también de integrador o planímetro; pero, la existencia de varios instrumentos de estos últimos géneros, superiores a él por la rapidez de su manejo, tales como los planímetros de Coradi y Ruiz Castizo, hará, probablemente, que no se aplique a resolver problemas de integración.

En cambio, ese instrumento, como diferenciador, a pesar de la relativa lentitud de su manejo, parece que habrá de usarse mucho, a falta de otro mejor.

La mayor parte de los fenómenos que el hombre estudia permiten fácilmente determinar espacios recorridos en función del tiempo y consienten, por lo tanto, el trazado de curvas que expresan la ley de los espacios; pero, en gran número de ellos, para las aplicaciones, tiene tanta o mayor importancia conocer la ley de las velocidades o la de las aceleraciones y, a veces, estas dos últimas.

De ello es un ejemplo precisamente el presente trabajo, motivado por la necesidad de deducir de las curvas de los espacios, que dan los sismógrafos, las de las aceleraciones, que exige el cálculo y son las incógnitas que más interesan en el problema sismológico.

Y como ese ejemplo pueden citarse cientos de ellos, en que, a falta de medios para averiguar con precisión las leyes de velocidades y aceleraciones, se recurre a determinar valores medios de ellas, o al empleo de tangentes a las curvas de los espacios, que dan resultados sumamente erróneos, o bien, cuando se trata de estudios algo precisos, se tiene que renunciar forzosamente a conocer velocidades y aceleraciones y hay que contentarse con la curva de los espacios.

En Meteorología, por ejemplo, mayor importancia tiene la velocidad de un descenso barométrico, que su cuantía; en Medicina, trazan los esfigmógrafos la ley de los espacios de las ondas sanguíneas y evidente es la conveniencia de conocer sus velocidades; en Mecánica aplicada se construyen fácilmente las curvas de los espacios de los distintos órganos de las máquinas, pero es de inmensa importancia averiguar cuáles son las velocidades y las aceleraciones, que dan las fuerzas de inercia; en multitud de problemas prácticos hace falta determinar cantidades de movimiento y fuerzas vivas, que son funciones directas de las velocidades y no se acabaría de citar ejemplos y ejemplos en los que aparece claramente la necesidad e importancia de poder deducir de una curva dada la diferencial que le corresponde.

ant. Z. m.

TEORÍA Y DESCRIPCIÓN DE UN DIFERENCIADOR

1.—Principio fundamental del diferenciador.

El objeto del diferenciador, que más adelante se describirá, es determinar la curva diferencial $A B C$ (figura 1) que corresponde a otra integral dada $O i h$ y se funda ese aparato en que:

El cociente de la diferencia de dos ordenadas de la curva integral por la distancia que las separa es la ordenada media del trozo de la diferencial comprendido entre ellas y, si la distancia es suficientemente pequeña, esa longitud media, tomada en la ordenada equidistante de las dos de la integral, dará un punto de la diferencial.

En efecto, la ordenada 1 es la integral del trozo de curva $A m$, la 2 del $A m n$, etc., etc., y expresan, por lo tanto, respectivamente, las áreas $O A m p$, $O A m n q$ etc., así es que la diferencia entre dos de ellas, ord. 2 — ord. 1, por ejemplo, equivale al área $p m n q = O A m n q - O A m p$

determinada por esas dos ordenadas, el trozo $m n$ de la diferencial y el eje de las x , y como esta última superficie dividida por $p q$ da la altura del rectángulo equivalente $p r s q$ o sea la ordenada media $t z$ podrá decirse que:

$$t z = \frac{\text{ord. 2} - \text{ord. 1}}{p q}.$$

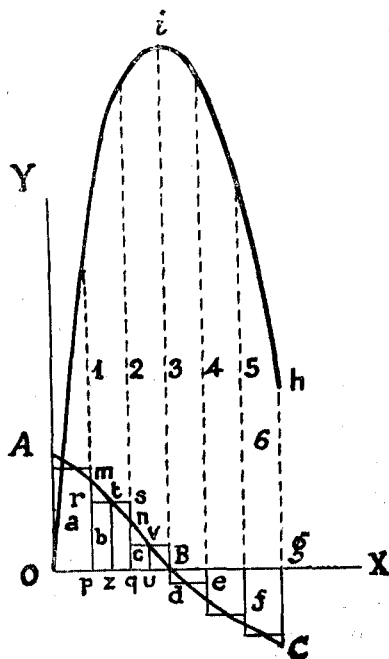


Fig. 1.

Si la distancia $p q$ entre las dos ordenadas es lo suficientemente pequeña para que el trozo, $m n$, de la curva diferencial entre ellas comprendido, pueda considerarse como rectilíneo resultará que la figura $p m n q$ será un trapecio y, por lo tanto $t z$, equidistante de $p m$ y $q n$, será ordenada de la diferencial $A B C$, quedando demostrado el principio que antes se enunció, rigurosamente exacto en su primera parte y lo bastante preciso en la segunda para ser admitido como verdadero en la práctica.

Considerado de este modo el problema de la diferenciación, convenirá suponer la existencia de una serie de ordenadas 1, 2, 3, 4, 5, 6, equidistantes, que dividen el área total determinada por la diferencial $A B C$, el eje $O g$ y las coordenadas extremas, en una serie de superficies parciales $O A m p$, $p m n q$ etc., etc., que se podrán representar por a, b, c, d, e , y f , cuyas ordenadas medias, análogas a la $t z$, proporcionarán puntos, t , de la diferencial.

Cada superficie parcial, tal como la $p m n q$, en realidad es un trapecio mixtilíneo, con un lado curvo, $m n$, opuesto al $p q$ que corresponde al eje $O X$, a excepción de las dos superficies adyacentes al punto B , en que la curva corta a ese eje, que son triángulos mixtilíneos.

Si las ordenadas están lo bastante poco espaciadas para que los trozos, $m n$, de curva, comprendidos entre cada dos consecutivas puedan considerarse como rectas, las paralelas al eje $O X$, tales como $r s$, trazadas por los puntos medios de esos trozos, darán rectángulos $p r s q$, equivalentes a los trapecios, $p m n q$, toda vez que el triángulo $r m t$ que por un lado se pierde se gana por el otro con su igual $t s n$.

Como sucede lo mismo con los dos triángulos que en B existen resulta que el área correspondiente a la curva queda constituida por una suma de rectángulos, cuyas bases son iguales y cuyas ordenadas intermedias $t z$ lo son de la curva $A B C$.

Esas compensaciones, muy aproximadas, de las áreas de los triángulos $r m t$, y $t s n$ etc., no se verificarán cuando entre las ordenadas $p r$ y $q s$ exista algún máximo o mínimo de la curva o algún punto de retroceso; pero, entonces podrá subdividirse el área parcial en otras dos por medio de la ordenada que corresponde a esos puntos singulares, teniendo en cuenta para los cálculos futuros esa subdivisión.

2.—Expresión de las áreas cuando abscisas y ordenadas representan cantidades homogéneas.

Cuando ordenadas y abscisas representan cantidades de la misma especie, referidas a la misma unidad y en idéntica escala, si m y n son los

números que expresan las longitudes de los lados $p r$ y $p q$ medidos con la unidad común u :

$$p r = m u \quad \text{y} \quad p q = n u \quad p r \times p q = m n u^2$$

de modo que el número $m n$ expresará el área del rectángulo referido a la unidad superficial u^2 que corresponde a la lineal u , que mide sus lados.

En el caso de que la unidad común de los lados del rectángulo fuera u_1 , distinta de u :

$$p r = m_1 u_1; \quad p q = n_1 u_1 \quad p r \times p q = m_1 n_1 u_1^2$$

y claro es que el nuevo número $m_1 n_1$ que expresa el área, en la unidad superficial u_1^2 , estará con el anterior en la relación que se deduce de la igualdad:

$$m n u^2 = m_1 n_1 u_1^2 \quad \text{o} \quad \frac{m_1 n_1}{m n} = \frac{u^2}{u_1^2}$$

así es que la misma área podrá quedar expresada por diferentes números, inversamente proporcionales a las unidades superficiales a que corresponden y si esos números se representan por ordenadas, cada una de cuyas unidades lineales, u, u_1 indique las superficiales correspondientes $u^2, u_1^2 \dots$ resultará que una misma área se podrá representar por longitudes $m n, m_1 n_1$ muy distintas.

De no estar en la misma escala ambos lados del rectángulo, aunque representen cantidades de la misma especie, referidas a la misma unidad u , el área geométrica $p q \times p r = m n u^2$ no será la expresión de la verdad, porque si una de estas longitudes la $p r$ por ejemplo está en escala de $\frac{1}{e}$ y la otra en la $\frac{1}{e'}$, las longitudes reales que los lados del rectángulo representan son:

$$e m u \quad \text{y} \quad e' n u;$$

la superficie real que a su área geométrica $m n u^2$ corresponde es:

$$e e' (m n u^2)$$

y el número o la recta que midiera por sus unidades lineales las superficiales u^2 habría de ser: $m n \times e e'$ en escala natural o

$$m n e \quad \text{o} \quad m n e'$$

si quería representarse en la escala e' o e .

En el caso, por ejemplo, de que $u = 1$ milímetro y de que este milímetro represente 7 milímetros en las ordenadas ($e = 7$) y 11 milímetros en las abscisas ($e' = 11$), los $m n$ milímetros cuadrados no expresarían el número de milímetros cuadrados que representa la superficie geométrica, porque el verdadero es:

$$m n \times e e' = m n 77$$

y si la longitud de la recta que lo ha de expresar se pone en una de esas escalas, en la e' por ejemplo sería:

$$m n e = 7 m n.$$

Más valores numéricos aclararán esta cuestión porque si en ese ejemplo $p q = 8$ mm ($n = 8$) y $p r = 9$ mm ($m = 9$) los 72 mm.² del área geométrica representan en realidad el producto de 8 mm \times 11 = 88 mm. por 9 \times 7 = 63 mm. o sean 5544 mm.², esto es: 72 \times 11 \times 7 ($m n e e'$) y si se adopta la escala $1/11$ para la longitud que representa el área, esta longitud sería:

$$m n e = 72 \times 7 = 504 \text{ mm.}$$

y, por lo tanto, en la escala de $1/11$ se obtendrían, como debía ser, los 504 \times 11 = 5544 mm.² que había de representar.

Se insiste en esto, por trivial que parezca, y se tratará con detenimiento, que acaso se juzgue excesivo, cuanto a unidades y escalas se refiera, porque en tales asuntos se cometen con gran facilidad descuidos y equivocaciones que producen grandísimos errores en la práctica.

3. — Expresión de las áreas cuando abscisas y ordenadas representan cantidades heterogéneas. — Coeficiente de reducción.

En general, en las aplicaciones, abscisas y ordenadas no representarán cantidades homogéneas sino de especie distinta, las primeras, por ejemplo, pueden indicar tiempos y las segundas los espacios recorridos en ellos o bien las velocidades que en cada instante tenga el móvil de que se trata, etc., etc.

Desaparece entonces, en realidad, el concepto de área geométrica de la curva, porque no se trata de superficies, o productos de dos longitudes, sino del producto de dos cantidades heterogéneas (tiempo por espacio recorrido o por velocidad en los dos casos antes citados).

Una de las cantidades se medirá con determinada unidad de su especie, la otra con la que a su naturaleza corresponda y si representamos estas dos unidades heterogéneas por u_a y u_o aquellas cantidades podrán expresarse por $m_1 u_o$ y $n_1 u_a$ o bien simplemente por los números m_1 y n_1 , marcando la distinta especie a que pertenecen.

A esas unidades puede dárseles una representación geométrica, por longitudes definidas: l_a y l_o que corresponderán respectivamente a u_a y u_o y entonces las cantidades $m_1 u_o$ y $n_1 u_a$ quedarán expresadas por las longitudes $m_1 l_o$ y $n_1 l_a$, que podrán tomarse en los ejes de abscisas y ordenadas para constituir la curva $A B C$.

Resulta, por lo tanto, que la unidad superficial $l_a \times l_o$ representa otra unidad compuesta $u_a \times u_o$ y que si se calcula el área geométrica $p r s q$ con la unidad u^2 , siendo por lo tanto u la lineal común a los dos lados del rectángulo, el número $m n$ que se obtenga, para convertirlo en el que expresa la misma superficie, medida con la unidad $l_a \times l_o$, será preciso multiplicarlo por la relación de unidades superficiales o sea:

$$x = m n \frac{u^2}{l_a \cdot l_o},$$

puesto que habrá de ser:

$$x (l_a l_o) = m n u^2.$$

De aquí se deduce que si se refieren las tres cantidades u , l_a y l_o a una misma unidad, que puede ser la u , se obtendrá un número abstracto:

$$c = \frac{u^2}{l_a \cdot l_o} = \frac{1}{l_a \cdot l_o}$$

que podrá llamarse *coeficiente de reducción*, por el que habrán de multiplicarse las áreas geométricas de los rectángulos $p r s q$, medidas con la unidad superficial u^2 , para obtener los números o longitudes $m n c$ que representan esas áreas en la unidad compuesta $u_a \times u_o$.

Si, por ejemplo, las abscisas expresan tensiones eléctricas y las ordenadas intensidades y las unidades elegidas para medir esas cantidades son, respectivamente, el volt (u_a) y el ampére (u_o) la unidad compuesta será el watt ($u_a \times u_o$) y si cada volt se representa por 5 milímetros

($l_n = 5 \text{ mm.}$) y cada ampere por dos centímetros ($l_o = 2 \text{ cm.}$) si las superficies se han estimado en milímetros cuadrados ($u = 1 \text{ mm.}$) el coeficiente de reducción será:

$$c = \frac{1 \text{ mm.}^2}{5 \text{ mm.} \times 2 \text{ cm.}} = \frac{1 \text{ mm.}^2}{100 \text{ mm.}^2} = 0,01$$

y cada número $m n$ habrá de multiplicarse por 0,01 para obtener el de milímetros que corresponden a la recta que, en unidades compuestas (watt), representan las áreas de los diversos rectángulos parciales, a razón de un watt por milímetro.

4.—Obtención de la curva integral de una curva dada.

Suponiendo que ordenadas y abscisas de la curva $A B C$ representen simplemente longitudes y que la unidad lineal elegida sea $\frac{o p}{3}$ las primeras tres áreas positivas a, b y c de los rectángulos valen, respectivamente, $+ 24,3$, $+ 15,3$ y $+ 2,7$ y las tres d, e y f negativas que les siguen $- 2,25$, $- 9,9$ y $- 15,30$, en unidades superficiales $\left(\frac{o p}{3}\right)^2$.

En virtud de esto, si en la ordenada 1, a partir de p se toman 24,3 unidades lineales $\frac{o p}{3}$, la longitud de esa ordenada expresará el área de a en las correspondientes unidades superficiales $\left(\frac{o p}{3}\right)^2$. El área de b agregada a la de a dará 38,6 que tomadas en la siguiente ordenada hará que ésta represente $a + b$ y de análogo modo la tercera ordenada representará la superficie $a + b + c$ en el sistema de unidades elegido. El área d , negativa, habrá de restarse de la 3 para obtener la 4 y conseguir que ésta indique la suma algebraica de todas las superficies parciales anteriores a ella y por otras dos restas sucesivas se obtendrá la $g h$, que expresa $a + b + c - d - e - f$.

La curva $o i h$, obtenida uniendo los extremos de esas ordenadas, viene a ser por lo tanto, con suficiente aproximación, si aquéllas están muy poco espaciadas, la integral de la $A B C$.

5.—Obtención de la curva diferencial de una curva dada.

Cuando, por lo contrario, se conociera esa curva $o i h$ y de ella se quisiera obtener la $A B C$, es decir, cuando de la curva integral quisiera pa-

sarse a la diferencial, fácil será conseguirlo deshaciendo lo antes realizado.

Desde luego se sabe que al máximo i , en que la tangente es horizontal, corresponde cero en la derivada, de modo que en el pie de la ordenada de i estará un punto B de la curva buscada.

La ordenada 3 menos la 2 indicaba el área del rectángulo c , de modo que dividiendo esa diferencia por $q B$, $\left(\frac{\text{ord. 3} - \text{ord. 2}}{q B} \right)$, el cociente dará

la altura uv de ese rectángulo. De análogo modo $\frac{\text{ord. 2} - \text{ord. 1}}{p q = q B}$ dará la altura pr y así sucesivamente.

Si estas alturas de los rectángulos se toman en las ordenadas intermedias $z t$, equidistantes de las pr y qs , los extremos t serán puntos de la diferencial, que unidos por un trazo continuo la representarán con bastante aproximación, si las ordenadas 1, 2, 3. . . . están suficientemente próximas.

Debe hacerse notar que al paso que en la integración cada ordenada: 2, 3. . . . contendrá los errores cometidos en la evaluación suya y en las de todas las precedentes, como consecuencia de las sucesivas sumas que han de efectuarse, en la diferenciación, por lo contrario, no hay esa acumulación de errores, porque cada ordenada es resultado de una operación aislada, que en nada se apoya en los valores obtenidos para las que la preceden, y sólo contiene *sus errores propios*.

6.—Precisión de los métodos expuestos. Cálculo de una senoide y de su diferencial.

Para estimar la precisión de esos métodos de obtener curvas diferenciales o integrales conviene aplicarlos a dos líneas que sean conocidas, por ejemplo, una senoide: $a \sin \frac{2\pi}{T} t$ y la cosenoide correspondiente,

derivada de ella: $a \frac{2\pi}{T} \cos \frac{2\pi}{T} t$.

Suponiendo que $a = 20$ mm. y $T = 8^s$ las ecuaciones numéricas de esas curvas, cuyas ordenadas designaremos por i y d serán:

$$i = 20 \sin \frac{360^\circ}{8^s} t^s = 20 \sin 45^\circ t$$

$$d = 15,71 \cos 45^\circ t$$

y para construir ambas curvas por puntos, si se representan los 8 segun-

dos por una longitud de 40 mm. y se considera suficiente obtener cada milímetro una ordenada, como esta unidad representa $\frac{8^s}{40} = 0,2$, habrá que hacer variar t de 2 en 2 décimas de segundo.

En la hipótesis de que las ordenadas d e i hallan de estimarse también en milímetros ese número 0,2 es el coeficiente de reducción de que se habló: $\frac{u^2}{l_a \times l_o} = \frac{1 \text{ mm}^2}{5 \text{ mm.} \times 1 \text{ mm.}} = 0,2$, puesto que cada 5 milímetros representan un segundo.

Dando valores a t se obtendrá el siguiente cuadro.

t	Sen $45^\circ t$	Cos $45^\circ t$	SINUSOIDE $i = 20 \text{ sen } 45^\circ t$	COSINUSOIDE $d = 15,71 \text{ cos } 45^\circ t$	
					Promedios.
				mm	mm
0	0	+ 1	0	+ 15,71	
0,2	+ 0,156	+ 0,988	+ 3,12	+ 15,52	15,615
0,4	+ 0,309	+ 0,951	+ 6,18	+ 14,94	15,23
0,6	+ 0,454	+ 0,891	+ 9,08	+ 14,00	14,47
0,8	+ 0,588	+ 0,809	+ 11,76	+ 12,71	13,355
1,0	+ 0,707	+ 0,707	+ 14,14	+ 11,11	11,91
1,2	+ 0,809	+ 0,588	+ 16,18	+ 9,24	10,175
1,4	+ 0,891	+ 0,454	+ 17,82	+ 7,13	8,185
1,6	+ 0,951	+ 0,309	+ 19,02	+ 4,85	5,99
1,8	+ 0,983	+ 0,156	+ 19,76	+ 2,45	3,65
2,0	+ 1	0	+ 20	+ 0	1,225

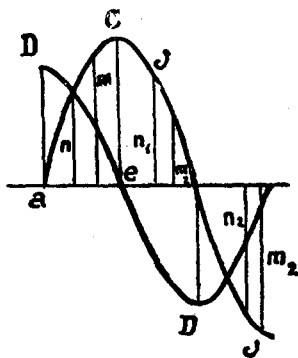


Fig. 2.

Con estos valores de i y d de las ordenadas se han construido las curvas $D D$ y $C J$ (fig. 2), o sean la cosinusoide y su correspondiente sinusoide.

7.—Integración de la cosinusoide.

Como se supone las ordenadas análogas a las $p r$ y $q s$ de la fig. 1 espaciadas 1 mm, a medio milímetro de a (fig. 2) estará la 1.^a de las intermedias análogas a $t z$; las siguientes ordenadas de este género estarán espacia-

das 1 mm. y la más próxima a e quedará a otro medio milímetro de este punto. Estas ordenadas de la cosinusoide serán aproximadamente promedios de las dos que se calcularon, espaciadas un milímetro también, y valdrán los números consignados en la última columna del anterior cuadro numérico, que figuran en la primera del otro cuadro que sigue y cuya formación se explica después.

Ordenadas de la cosinusoide. $\frac{d}{d}$	Superficies parciales. — $d \text{ mm} \times 1 \text{ mm} = d \text{ mm}^2$	Superficies totales. — s	Ordenadas de la sinusoide.		DIFERENCIAS
			obtenidas. $s \times 0,2$	antes calculadas. i	
mm	mm ²	mm ²	mm		
1. ^a —15,615	15,615	15,615	3,12	3,12	0
2. ^a —15,23	15,23	30,845	6,17	6,18	—0,01 _{mm}
3. ^a —14,47	14,47	45,315	9,063	9,08	—0,017
4. ^a —13,355	13,355	58,675	11,735	11,76	—0,025
5. ^a —11,91	11,91	70,585	14,117	14,14	—0,023
6. ^a —10,175	10,175	80,760	16,152	16,18	—0,028
7. ^a — 8,185	8,185	88,945	17,789	17,82	—0,041
8. ^a — 5,99	5,99	94,935	18,987	19,02	—0,033
9. ^a — 3,65	3,65	98,585	19,717	19,76	—0,043
10. ^a — 1,225	1,225	99,810	19,962	20	—0,038

Las ordenadas, consignadas en la 1.^a columna, que son aproximadamente las $t z$ de la fig. 1, multiplicadas por la longitud de una de las divisiones del eje X ($op = pq = \dots$), darán con bastante aproximación las superficies parciales (a, b, c, \dots) consignadas en la siguiente columna y la agregación sucesiva de estos últimos números ($a, a+b, a+b+c, \dots$) irá proporcionando la 3.^a columna. Multiplicados estos números por el coeficiente de reducción 0,2 se obtendrán en definitiva las ordenadas de la integral a C de la fig. 2.

En la penúltima columna se incluyen las ordenadas de la sinusoide, que antes se calcularon directamente y en la última sus diferencias con las obtenidas.

Dedúcese del examen de estos últimos números que los errores son realmente despreciables, porque sólo valen unas cuantas centésimas de milímetro.

8.—Diferenciación de la sinusoide.

Una vez aprendido cómo se obtiene de la curva diferencial D su

integral a C , fácil es resolver el problema inverso, porque no hay más que ir deshaciendo lo antes realizado, procediendo, por lo tanto, de modo inverso también para obtener de la integral a C su diferencial D .

A los máximos y mínimos de la integral, corresponden, como es sabido, ceros de la diferencial, así es que en el actual caso el pie e de la ordenada de C será cero de la cosinusoides.

Restando de la 1.^a ordenada, o sea la Ce la 2.^a, que está a su izquierda, separada de ella un milímetro, se tendrá la superficie del rectángulo elemental correspondiente (c , de la fig. 1) y de este modo por restas continuadas se irán obteniendo de los números consignados en la 1.^a columna del cuadro numérico que sigue, los resultados que se expresan en la 2.^a (superficies parciales, en la unidad compuesta, de c, b, a de la fig. 1.^a)

Divididos esos números por el coeficiente de reducción se obtendrían las superficies parciales geométricas (c, b, a en unidades superficiales), que nuevamente divididas por la longitud de la equidistancia de ordenadas ($o p = p q = \dots$) darán las ordenadas medias de las áreas parciales de la diferencial ($t z$, aproximadamente, de la fig. 1). En el caso actual como se ha supuesto que esa equidistancia es la unidad lineal elegida bastará dividir los números de la 2.^a columna por 0,2 para obtener la 3.^a en que aparecen las ordenadas de la derivada, situadas entre cada dos de la sinusoides y equidistantes de ellas.

Obsérvese, que la 1.^a de esas ordenadas a la izquierda del cero estaría situada a medio milímetro de él, que las demás quedarán separadas por un milímetro y que la última ordenada media queda también a otro medio milímetro de a (fig. 2).

En la penúltima columna se copian los valores antes calculados directamente de las ordenadas de la diferencial para apreciar las diferencias con las obtenidas, que se consignan en la última columna.

Ordenadas de la sinusoide.	Diferencias de ordenadas.	Ordenadas de la cosinusoide.		DIFERENCIAS
		Obtenidas.	Calculadas antes.	
mm	mm ²	mm	mm	mm
1. ^a + 20				
2. ^a + 19,76	1. ^a -2. ^a + 0,24	+ 1,2	+ 1,225	- 0,025
3. ^a + 19,02	2. ^a -3. ^a + 0,74	+ 3,7	+ 3,65	+ 0,05
4. ^a + 17,82	3. ^a -4. ^a + 1,20	+ 6,0	+ 5,99	+ 0,01
5. ^a + 16,18	4. ^a -5. ^a + 1,64	+ 8,2	+ 8,185	+ 0,015
6. ^a + 14,14	5. ^a -6. ^a + 2,04	+ 10,2	+ 10,175	+ 0,025
7. ^a + 11,76	6. ^a -7. ^a + 2,38	+ 11,9	+ 11,91	- 0,01
8. ^a + 9,08	7. ^a -8. ^a + 2,68	+ 13,4	+ 13,355	+ 0,045
9. ^a + 6,18	8. ^a -9. ^a + 2,90	+ 14,5	+ 14,47	+ 0,03
10 + 3,12	9. ^a -10. ^a + 3,06	+ 15,3	+ 15,23	+ 0,07
3,13	+ 3,05	+ 15,25		+ 0,02
11 0	10. ^a -11. ^a + 3,12	+ 15,6	+ 15,615	- 0,015
	+ 3,13	+ 15,65		+ 0,035

Como puede verse, los errores son en este caso también inferiores a la décima de milímetro a pesar de figurar en ellos los que proceden del cálculo y de sustituir las ordenadas de la cosinusoide por promedios de las adyacentes. El mayor de todos que es + 0,07 se reduce a + 0,02 si en vez de las tres cifras decimales que se tomaron en el valor del seno para calcular la ordenada 10.^a de la sinusoide se toman cinco (seno = 0,15643 en vez de 0,156; 10.^a ord.^a = 3,1286 o 3,13) porque entonces resultan los números que se consignan en el anterior cuadro debajo de los calculados con tres decimales en los dos últimos errores.

9.—Factores de integración y de diferenciación.

De lo expuesto se infiere que tanto en la integración como en la diferenciación figuran dos grupos de ordenadas: el uno que puede llamarse de ordenadas de la integral y designarse por o_i (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 de la figura 1.^a) divide el trozo del eje de las x correspondiente a los extremos de la curva en partes iguales y el otro, que podrá denominarse de ordenadas de la diferencial y representarse por o_d (t^z de la fig.^a 1.^a), está constituido por líneas equidistantes de las o_i y divide el trozo de los x también en partes iguales a excepción de las dos extremas que valen sólo media de esas partes.

También conviene hacer resaltar que para obtener la curva integral han de multiplicarse sucesivamente las o_d por el valor lineal de una de las partes ($o p = p q = \dots$) en que está dividido el eje x y por el coeficiente de reducción, así es que habrán de multiplicarse las o_d por el producto de estos dos números, que podrá designarse con el nombre de *factor de integración*.

Como, por lo contrario, para obtener de la integral su diferencial han de dividirse las diferencias de ordenadas sucesivamente por el coeficiente de reducción y por el valor lineal de una parte $p q$ del eje x , o sea por su producto podrá llamarse *factor de derivación* al número inverso del *factor de integración*.

10.—Reglas prácticas para integrar y diferenciar curvas planas.

Las precedentes consideraciones tienen por objeto formular con mayor brevedad y de modo más claro las siguientes reglas prácticas.

REGLA PARA INTEGRAR.—*Divídase el trozo del eje de las x , correspondiente a los extremos de la curva dada, en n partes iguales; por los puntos de división trácese las o_1 y por los puntos medios de esas enésimas partes trácese el grupo o_d .*

Multiplíquese cada ordenada, o_d , de la diferencial por el factor de integración dándole el signo que aquella tenga, procediendo ordenadamente, de izquierda a derecha, suponiendo a la izquierda el origen de coordenadas.

El primer punto de la integral o cero es el extremo de la izquierda del trozo del eje X ; el segundo, se tomará sobre la o_1 inmediata a ese extremo, que tendrá tantas unidades lineales como marque el número obtenido en el primer producto antes hallado; sobre la o_1 siguiente se tomará la suma algebraica de ese primer producto con el que le seguía y quedará determinado el tercer punto de la integral; el cuarto se hallará agregando algebraicamente a la anterior suma el tercer producto y así se seguirá.

El factor de integración es:

$$f_i = \frac{l \times u^2}{l_a \times l_o}$$

en que l , l_a y l_o habrán de estar expresadas en la unidad elegida u y representan:

l — la longitud de una de las enésimas partes del trozo del eje X , comprendido entre los extremos de la curva dada.

l_a — la longitud de la unidad correspondiente a las abscisas (al segundo por ejemplo si las x expresan tiempos).

l_0 — la longitud de la unidad correspondiente a las ordenadas (el litro, por ejemplo, si expresan volúmenes).

Cuando se integran curvas muy alejadas del eje X , convendrá en muchos casos, por el excesivo valor que adquieren las o_i , si u es pequeña, representarlas en menor escala, consignándolo y teniéndolo muy presente en las aplicaciones.

REGLA PARA DIFERENCIAR.—*Divídase, como en la anterior regla, el eje de las x ; hállese las diferencias de cada o_i con la siguiente marchando en uno u otro sentido y multiplíquense esas diferencias por el factor de derivación.*

Cada uno de esos productos dará la longitud de la o_d , intermedia de las dos o_i a que corresponde.

Los pies de las ordenadas correspondientes a los máximos y mínimos de la curva integral dada son puntos ceros de la diferencial y convendrá que coincida el mayor número posible de ellas con o_i .

Suponiendo situado a la izquierda el origen de coordenadas, las o_d de la izquierda de una o_i máxima serán positivas y negativas las de la derecha, sucediendo lo contrario si se trata de una o_i , correspondiente a un mínimo.

El factor de derivación es:

$$f_d = \frac{1}{f_i} = \frac{l_a \times l_0}{l \times u^2}$$

en que u , l , l_a y l_0 representan lo indicado en la anterior regla.

Claro es que el uso de papel cuadriculado facilitará mucho la aplicación de las anteriores reglas porque, en la generalidad de los casos, evitará tener que trazar ordenadas y permitirá medirlas rápidamente.

Ha de advertirse, una vez más, que para aplicar estas reglas se precisa que el número de partes en que se divida el eje de las x ha de ser lo suficientemente grande para que los trozos de curvas interceptadas entre dos ordenadas consecutivas sean sensiblemente rectilíneos.

11.—Consideraciones y ejemplos acerca de los factores de integración y diferenciación.

El factor de integración y el de derivación, por lo tanto, pueden tener en la práctica generalmente valores muy distintos, en las aplicaciones gráficas, porque a las cantidades u , l_a , l_0 y l que los forman cabe darles valores muy diferentes también.

Desde luego, si en una función integral o derivada, $y = f(x)$ o $y' = f'(x)$, se da a x valores numéricos sucesivos, a cada uno de ellos corresponderá otro determinado para y o y' ; pero, si la función se representa gráficamente la curva que la exprese puede variar mucho, con arreglo a los convenios que al dibujarla se establezcan, aunque en el fondo sean una misma todas las curvas que se obtengan por corresponder a una sola función.

En el caso de ser x e y cantidades de la misma especie, longitudes, por ejemplo, cabrá expresarlas en la misma unidad o diferente, ambas en metros por ejemplo, o una en metros y la otra en decímetros, etcétera, etc., obteniéndose de este modo números correspondientes a x e y muy diferentes.

Al representar gráficamente la función podrán adoptarse valores lineales diferentes para las unidades de x e y y luego elegir otra unidad distinta u para expresar el área y la diferencial o integral.

Por ejemplo; si $u = 1$ mm y l_a , que representa la longitud tomada por cada kilogrametro ($u_a = 1$ kgm) es $l_a = 5$ mm y la que corresponde al segundo ($u_o = 1^s$) es $l_o = 3$ mm, el factor de integración será, si convenimos en que $l = 1$ mm,

$$\frac{l \times u^2}{l_a \times l_o} = \frac{1 \times 1}{5 \cdot 3} = \frac{1}{15}$$

y como está en nuestra mano variar el valor de l , dentro de ciertos límites, por este sólo hecho, ese factor variaría por ejemplo, desde $l = 0,5$ a $l = 5$ entre

$$\frac{0,5}{15} = \frac{1}{30} \quad \text{y} \quad \frac{5}{15} = \frac{1}{3}.$$

Cambiando de unidad, si se hace, por ejemplo $u = 5$ mm el factor valdría:

$$\frac{\frac{1}{5} \times 1^2}{1 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{1}{3}$$

y combinando esta variación con la de l , desde $l = 0,5$ mm que, con la nueva unidad, sería $l = \frac{1}{10}$ hasta $l = 5$ mm o sea, en este caso, $l = 1$ el factor variaría entre

$$\frac{\frac{1}{10} \cdot 1^2}{1 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{1}{6} \quad \text{y} \quad \frac{1 \cdot 1^2}{1 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{5}{3}.$$

Claro es que todas esas curvas, distintas en apariencia, que se obtuvieran vendrían a expresar lo mismo; pero, no es menos cierto que variaría su aspecto geométrico y el modo de construirlas.

Al cambiar l , por ejemplo, en el primer caso antes expuesto, de 0,5 milímetros a 5 mm, evidente es que la misma área expresará, por ejemplo, el producto de una determinada o_a que llamaremos a con unas divisiones del eje X que con las otras porque serán:

$$a \text{ (mm)} \times \frac{1}{30} = \frac{a \text{ mm}}{30} \quad \text{y} \quad a \text{ (mm)} \times \frac{1}{3} = \frac{a \text{ mm}}{3}$$

diez veces mayor esta segunda o_i que la anterior como debía de ser, puesto que representa un área diez veces mayor también, por serlo su base, de 5 mm.

De análogo modo al cambiar de unidad de $u = 1 \text{ mm}$ a $u = 5 \text{ mm}$, una misma ordenada de la diferencial resultará expresada por dos números b y c distintos, correspondientes a esos sistemas de unidades y ligados por la relación:

$$b \times 1 \text{ mm} = c \times 5 \text{ mm} \quad \text{o} \quad b = 5c$$

en números abstractos, que producirán dos ordenadas de distinta longitud en las correspondientes integrales.

En efecto, para obtener, suponiendo $l = 5 \text{ mm}$, cuando $u = 1 \text{ mm}$, el número de milímetros que han de tomarse en la ordenada de la integral que corresponde a b ha de formarse el producto:

$$b \times \frac{1}{3}$$

y cada uno de estos $\frac{b}{3}$ milímetros expresará una unidad compuesta de $u_a \times u_o = 1 \text{ kg} \times 1^s$ o sea, en total

$$T = \frac{b}{3} (1 \text{ kg} \times 1^s).$$

La ordenada de la integral, cuando $u = 5 \text{ mm}$, sería;

$$c \times \frac{5}{3}$$

y el total expresado por ella:

$$T' = c \times \frac{5}{3} (1 \text{ kg. } 1^s) = \frac{b}{5} \cdot \frac{5}{3} (1 \text{ kg. } 1^s) = T$$

de modo que una y otra o , indican la misma cantidad, aunque la primera tiene $\frac{b}{3}$ milímetros y la segunda $c \times \frac{5}{3}$ unidades de a 5 mm. o sean $c \times \frac{25}{3}$ milímetros o $\frac{b}{5} \cdot \frac{25}{3} = \frac{b}{3}$ 5 milímetros, esto es, cinco veces mayor longitud.

Esta proporción entre las longitudes de las ordenadas de las integra-

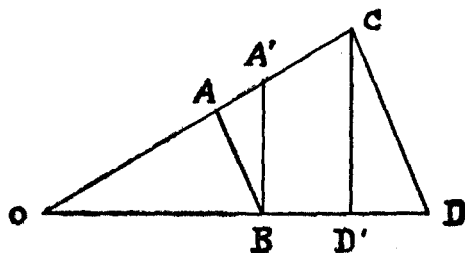


Fig. 3.

les con las de las unidades adoptadas es la que debe existir porque en definitiva se representa con estas últimas el área determinada por el producto de otras dos rectas, $o p \times q$ (fig. 1) $p q \times q s$, etc., y sabido es que todos los distintos procedimientos dados en estática gráfica para hallar la **recta que represente el produc-**

to de otras dos se funda en la semejanza de dos triángulos $o A B$ y $o C D$ (fig. 3) que al dar las proporciones

$$\frac{o C}{o A} = \frac{o D}{o B} \quad \frac{o C}{o A} = \frac{C D}{A B} \quad \frac{o D}{o B} = \frac{C D}{A B}$$

permite que si en cualquiera de ellas representan los dos medios o ambos extremos las longitudes de las dos rectas a y b dadas para multiplicarlas, el producto p se obtiene, suponiendo que este sea uno de los otros dos términos y la unidad elegida el restante.

Así, por ejemplo, si se elige la primera proporción y se hace $o C = a$ y, por lo tanto, el otro extremo $o B = b$ y $o A$ es la longitud de la unidad y $o D$ la recta que ha de representar el producto:

$$p \cdot 1 = a b \quad \text{o} \quad p = a b \quad \text{es decir} \quad o D = o C \cdot o B$$

en unidades $o A$.

Al cambiar de unidad y tomar $o A'$, la recta que representara el producto sería:

$$o D' = o C \cdot o B$$

en unidades $o A'$ y claro es que refiriendo todas las longitudes a una unidad común

$$o D \cdot o A = o C \cdot o B = o D' \cdot o A'$$

$$\text{y} \quad \frac{o D}{o D'} = \frac{o A'}{o A} \quad \text{u} \quad o D' = o D \frac{o A}{o A'}$$

que indica que la longitud $o D'$ se obtendrá de la $o D$ multiplicando esta última por la relación de su anterior unidad a la nuevamente adoptada.

En el sistema de unidades $o A$ indica $o D$ el número de unidades superficiales $\overline{o A}^2$; y en el sistema $o A'$ expresa $o D'$ el número de $\overline{o A'}^2$, así es que cuando se trate sólo de superficies geométricas las ordenadas de la integral son, por lo que acaba de decirse, de longitudes inversamente proporcionales a las de las unidades lineales elegidas.

Pero, si no se trata de representaciones gráficas puramente geométricas y la longitud $o D$, en unidades $o A$, ha de expresar tantas unidades compuestas $u_a \times u_o$ como de esas unidades lineales $o A$ haya en $o D$, ya se vió que en este caso la longitud de $o D$ en unidades $o A$ será:

$$o_i = o D \frac{1}{l_a \cdot l_o}$$

siendo l_a y l_o los números que en el sistema $o A$ expresan las longitudes que respectivamente representan a u_a y u_o .

En otro sistema de unidades, $o A'$,

$$o'_i = o D' \frac{1}{l'_a \cdot l'_o}$$

y por lo tanto, si L' y L son las longitudes de o'_i y o_i en una unidad común:

$$\frac{L'}{L} = \frac{o D' \cdot l_a \cdot l_o}{o D \cdot l'_a \cdot l'_o} = \frac{o D \frac{o A}{o A'} \cdot l_a \cdot l_o}{o D \cdot l_a \frac{o A}{o A'}, l_o \frac{o A}{o A'}} = \frac{o A'}{o A}$$

de modo que cuando las ordenadas de la integral expresen unidades compuestas $u_a \times u_o$ sus longitudes están en razón directa de las unidades en vez de estarlo en la inversa, como sucedía cuando se trataba de superficies simplemente geométricas.

Así si la curva $A B C$ tiene sólo su representación geométrica y el primer rectángulo tuviere, para simplificar, $op = 10$ mm y $pm = 20$ milímetros, adoptando el milímetro como unidad sus 200 mm^2 estarían representados por una recta de 200 mm y si la unidad fuera el centímetro, como entonces, la superficie es $1 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} = 2 \text{ cm}^2$, la longitud de la ordenada de la integral sería 2 cm es decir, 20 mm o sea diez veces menos que en el caso anterior, corroborando lo que se ha dicho: que al tratarse de representaciones puramente geométricas las longitudes de las ordenadas están en razón inversa de las que corresponden a las unidades o sea $\frac{1}{10}$.

Cuando se trate de unidades compuestas, si para esa misma curva y ese mismo rectángulo de $10 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$, op representa volts y pm amperes y cada $2,5$ milímetros de op es un volt ($l_a = 2,5$) y cada 10 un ampére ($l_o = 10$), los $4 \text{ volts} \times 2 \text{ amperes} = 8 \text{ watts}$ que la superficie del rectángulo representan habrán de estar expresados por una o_i de 8 mm solamente, en confirmación de la fórmula:

$$o_i = o_d \cdot \frac{l}{l_a \cdot l_o} = 20 \text{ mm} \times \frac{10}{2,5 \times 10} = 8 \text{ mm}$$

y si se cambia de unidad y se adopta el centímetro como entonces $l_a = 0,25 \text{ cm}$, $l_o = 1 \text{ cm}$, y el rectángulo sigue valiendo $4 \text{ volts} \times 2 \text{ amperes} = 8 \text{ watts}$ preciso será que en la nueva unidad

$$o'_i = o_d \frac{l}{l_a \cdot l_o} = 2 \text{ cm} \frac{1}{0,25 \cdot 1} = 8 \text{ cm}$$

es decir sea diez veces mayor que antes, resultando en razón directa, y no inversa, como en el ejemplo anterior sucedía, las longitudes de las ordenadas con las de las unidades.

A esas variaciones del factor de integración pueden agregarse las que se produzcan alterando el convenio con que las unidades heterogéneas u_o y u_a se representan, es decir las longitudes l_a y l_o ; así si en vez de estas longitudes expresan u_o y u_a las σl_a y ϵl_o , el nuevo factor de integración sería, en el mismo sistema de unidades, en vez de

$$f_i = \frac{l}{l_a \cdot l_o}$$

el

$$f'_i = \frac{l}{\alpha l_a \cdot \beta l_o} = \frac{f_i}{\alpha \beta}$$

y las nuevas o_i serían $\alpha \beta$ veces menores que las anteriores.

Si además esto se combina con un cambio de unidad en que la nueva $u' = \gamma u$

$$f'_i = f_i \frac{\gamma}{\alpha \beta}$$

y como de α y β puede disponerse con libertad al dibujar la curva ABC y luego, al integrar, puede adoptarse la unidad que convenga se comprenderá que es posible asignar al factor el valor numérico que se desee, dentro de muy amplios límites, para obtener ordenadas de tamaño conveniente.

Compréndese fácilmente esta influencia de las variaciones de l_a y l_o en el tamaño de las ordenadas de la integral, porque en definitiva al adoptarlas se opera sobre la escala en que se representan abscisas y ordenadas y claro es que las superficies AOB , etc., (fig. 1) disminuyen o aumentan si se acortan o alargan las líneas OB y AO y, por lo tanto las ordenadas Bi crecen o disminuyen en la misma proporción ya que en el fondo todo se reduce a variar una de las escalas en que se representan abscisas y ordenadas o las dos.

Que se divida Og en n o $2n$ partes no tiene influencia alguna en la representación de la integral; pero, si la tiene en el tamaño de las sumas parciales que pueden constituir las ordenadas, porque si bien se llegará siempre con la misma longitud a la ordenada 1.^a, por ejemplo, puede ser esta última el resultado de una sola integración parcial, como se ha supuesto en la figura, o bien de dos o más y en estos casos se obtendría la mitad o menos de la 1.^a próximamente en cada una de las integraciones parciales que se efectuaran.

Estas variaciones del factor por las de l , sin transcendencia en el resultado final; pero, de positivo influjo en las operaciones parciales, está en la mano del operador conseguirlas, dentro de los límites impuestos por la naturaleza de la curva, puesto que siempre ha de procurarse que los elementos de ella comprendidos entre dos ordenadas sucesivas puedan considerarse como rectilíneos. En la generalidad de los casos podrá ha-

cerse variar l de 0,5 mm a 3 mm y en algunos a 4 o 5 mm, a las cuales variaciones corresponden en el factor de integración otras proporcionales de 1 a 6 o de 1 a 8 o 10.

Representando por λ estas variaciones de l o sea haciendo $l' = \gamma l$ se tendrá:

$$f'_i = f_i \frac{\gamma \lambda}{\alpha \epsilon}$$

y fácil será conseguir que, como se ha dicho, tenga f'_i el valor que se desee, dentro de límites muy apartados entre sí.

Por ejemplo si l , l_a , l_b y u se suponen iguales al milímetro:

$$f_i = 1$$

y para

$$\gamma = 2; \quad \lambda = \frac{1}{2}; \quad \alpha = 5; \quad \epsilon = 10;$$

$$f'_i = f_i \frac{\gamma \lambda}{\alpha \epsilon} = \frac{1}{50} = 0,02$$

así como para

$$\gamma = 10; \quad \lambda = 2; \quad \alpha = \frac{1}{2}; \quad \epsilon = \frac{1}{2}$$

$$f'_i = f_i \frac{10 \cdot 2}{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}} = \frac{20}{\frac{1}{4}} = 80.$$

Claro es que los factores de derivación, inversos de los anteriores, se hallarán ligados por la igualdad

$$f'_d = f_d \frac{\alpha \epsilon}{\gamma \lambda}$$

y también podrán hacerse variar como se desee.

Se infiere de lo expuesto que con un instrumento que consienta variar el factor de integración entre 0,25 y 5, por ejemplo y el de derivación

por lo tanto entre $\frac{1}{0,25} = 4$ y $\frac{1}{5} = 0,2$ podrá responderse a todas las necesidades prácticas.

12.—Determinación de los valores de la curva integral y de la diferencial en puntos dados.

Con los elementos hasta ahora expuestos hay suficiente para calcular una curva integral dada la diferencial o viceversa y para expresar gráficamente esos resultados; pero, a veces no se desea conocer la totalidad de esas curvas sino los valores numéricos o gráficos correspondientes a alguno de sus puntos.

Cuando se trate de integrar preciso será determinar la parte de la curva que precede al punto para el cual quiere conocerse el valor de la integral, toda vez que la ordenada en ese punto ha de ser la suma de todas las superficies elementales de la curva diferencial que a ella preceden. Indispensable es, en efecto, si se desea conocer, por ejemplo, el valor de la ordenada 5 (fig. 1) conocer antes el de las superficies a, b, c, d y e , cuya suma algebraica proporciona su valor.

Pero, si el problema es inverso, la ordenada que se desee de la diferencial puede obtenerse fácil y rápidamente sin más que utilizar un par de ordenadas de la integral.

Así, por ejemplo, si dada la integral $o i h$ (fig. 1.^a) se quisiera solamente conocer la ordenada $z t$ de su diferencial bastaría multiplicar la diferencia de las 2 y 1 por el factor de diferenciación para obtenerla.

Como ejemplos que en la práctica se presentarán frecuentemente puede suponerse que $A B C$ sea la curva de los espacios y que en un instante determinado, definido por una abscisa $o z$, quiera conocerse la velocidad correspondiente o bien la aceleración.

La diferencia de dos ordenadas 1 y 2, equidistantes de la incógnita $t z$, multiplicada por el factor de diferenciación, correspondiente a la longitud arbitraria elegida $p q$, dará desde luego el de la velocidad, $t z$.

Y si la incógnita buscada es la aceleración en el instante definido por $o q$, por ejemplo, bastará hallar las diferencias entre la ordenada 2 y dos equidistantes 1 y 3, a uno y otro lado de ella, para multiplicarlas por el factor de diferenciación y obtener las $t z$ y $v u$ de la curva de velocidades $A B C$, así como bastará hallar el producto de la diferencia entre estas dos ordenadas por aquel factor, para determinar la que corresponde a la aceleración en q .

Cuando al mismo tiempo se quieren conocer la velocidad y la accele-

ración si, como debe ser, las ordenadas 1, 2 y 3 están lo suficientemente próximas para que el trozo tnv pueda considerarse como rectilíneo, el promedio de tz y uv dará la velocidad buscada qn , con suficiente aproximación.

De este modo puede obtenerse aisladamente el valor absoluto de las ordenadas; pero, además hará falta conocer su signo. Con fijarse en la curva integral bastará observar (fig.^a 2.^a) que correspondiendo cero en la diferencial a los máximos y mínimos de aquella, si se cuenta de izquierda a derecha, entre un mínimo y el máximo que inmediatamente le sigue son positivas las ordenadas de la diferencial y, a la inversa son negativas entre el máximo y el mínimo que inmediatamente le sigue a su derecha.

Pero esta regla no podrá aplicarse cuando de la curva integral se conozca sólo un corto trozo sin máximos ni mínimos definidos y conviene, por lo tanto, tener presente otra regla más general que consiste en restar siempre las dos ordenadas consecutivas de la integral, con el signo que les corresponda, haciendo siempre de minuendo la de la derecha y dar el signo que así resulta a la ordenada de la diferencial.

Así, por ejemplo, en las curvas de la figura 2, poniendo de manifiesto los signos, el de la ordenada de la diferencial que corresponde al intervalo entre las m y n de la integral será:

$$(+m) - (+n) = +$$

puesto que el valor numérico de $m > n$; para las m_1 y n_1 :

$$(+m_1) - (+n_1) = -, \text{ toda vez que } m_1 < n_1$$

y para m_2 y n_2

$$(-m_2) - (-n_2) = n_2 - m_2 = -, \text{ ya que } m_2 > n_2$$

13.—Casos en que las ordenadas cortan a las curvas con mucha oblicuidad.

La base en que estos cálculos de integrales y diferenciales se apoyan es la medición de las longitudes de las ordenadas y claro es que si estas mediciones están afectadas de errores importantes, la influencia de ellos será muy perjudicial para los resultados.

Hay instrumentos, con los cuales pueden medirse coordenadas, que aprecian hasta centésimas de milímetros; pero, para ello hace falta que

estén bien determinados los extremos de las longitudes que han de evaluarse.

Los pies o arranques de las ordenadas, como intersecciones de dos rectas que se cortan normalmente, están siempre perfectamente definidos; pero, puede no suceder lo mismo con los extremos de las ordenadas que correspondan a las curvas, si se cortan ambas líneas con mucha oblicuidad, como sucede, por ejemplo, en el trozo de Oih (fig. 1) cercano a O .

Hay un remedio radical para que desaparezca la indeterminación del punto de cruce de las ordenadas con las curvas, que consiste tan sólo en conservar la misma escala para esas ordenadas y aumentar la longitud de las abscisas, adoptando para ellas escala distinta que en la primitiva figura. La curva ABC (fig. 4) que con tanta oblicuidad e indeterminación corta sus ordenadas, queda transformada en la $A'B'C'$ en que ambos defectos desaparecen.

Cuando no se quiera operar sobre curvas transformadas $A'B'C'$ sino

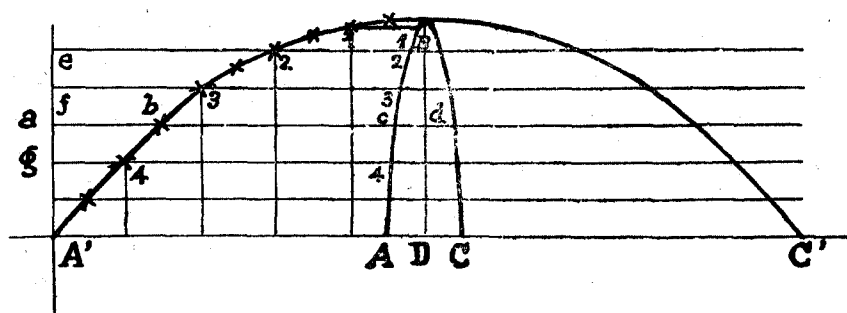


Fig. 4.

sobre la primitiva ABC fácil es fijar en esta última los puntos que corresponden a ordenadas determinadas. Si, por ejemplo, se quiere obtener sobre AB los extremos de cuatro ordenadas equidistantes, situadas entre A y D , será suficiente dividir $A'D$ en otras cinco partes iguales, trazar las cuatro ordenadas equidistantes 1, 2, 3 y 4 y referir, por medio de horizontales, los puntos 4, 3, 2, 1 de la $A'B$ a la AB .

La transformación de la curva ABC en la $A'B'C'$ se realizará partiendo de un eje $A'e$ situado a una distancia de D igual a $m AD$, suponiendo que m sea la escala de ampliación adoptada y trazando horizontales 44,33, etc., sobre las que se tomará, a contar de $A'e$ las correspondientes longitudes ab .

Como $dc = ad - ac$ y ha de ser $bd = mdc$ las longitudes ab que habrán de tomarse sobre las horizontales valdrán

$$ab = ad - bd = ad - m(ad - ac) = mac - (m - 1)ad,$$

siendo ad una cantidad perfectamente conocida y ac bien determinada por la poca oblicuidad con que esas horizontales cortan la curva AB .

Cuando no haya inconveniente en trazar la ordenada BD , claro es que también podrá determinarse el punto b tomando directamente $db = mdc$; siendo conveniente, en este caso, para mayor seguridad, comprobar los resultados obtenidos con el procedimiento anteriormente indicado.

Debe observarse que con cuanta mayor oblicuidad se corten las ordenadas con la curva ABC , más normalmente se cruzará esta curva con las horizontales o abscisas ac y mejor determinados quedarán, por lo tanto, los puntos c de intersección.

Esta circunstancia permitirá en muchos casos prescindir del trazado de la curva $A'B$, porque si se quiere, por ejemplo, hallar la longitud de cuatro ordenadas intermedias entre A y D , como las abscisas correspondientes $A'g, f, e, d$ contadas desde $A'e$ a la curva AB , han de diferenciarse precisamente $\frac{AD}{4+1}$, cada una de la siguiente, bastará ir corriendo paralelamente a sí mismo el borde graduado de una escuadra para ir determinando sobre $A'e$ los puntos g, f, e, d que corresponden a abscisas g, f, e, d que van creciendo de $\frac{AD}{5}$ en $\frac{AD}{5}$, porque en $A'g, A'f, A'e, A'd$ se tendrá el valor de las ordenadas que se deseaba.

Si se tiene la precaución de dibujar las curvas primitivas ABC en papel cuadriculado de milímetro o medio milímetro se obtienen rápidamente los resultados indicados sin necesidad de usar reglas ni escuadras.

14.—Observaciones acerca de los métodos prácticos propuestos para integrar y diferenciar.—Estudio de los errores.

Se dirá, sin duda alguna, que los métodos expuestos para integrar y diferenciar curvas y los instrumentos que se ideen para realizarlos se basan en un principio que no es matemáticamente exacto, sobre todo cuando la equidistancia de las ordenadas es algo grande, y acaso se tilde esto de gravísimo defecto.

No es de la importancia con que a primera vista aparece que sean exactos o aproximados los fundamentos de instrumentos y métodos para diferenciar o integrar curvas.

Hay que tener muy presente, en efecto, que el objeto final de esos métodos e instrumentos es obtener con *la mayor aproximación posible* la curva diferencial o integral de otra dada, porque sean o no exactos los principios en que aquellos se basen, aproximado no más ha de ser el re-

sultado, como son todos cuantos producen los procedimientos gráficos.

Podrá ser rigurosamente exacto el principio fundamental y sin embargo posible es que el resultado sea detestable, por lo poco aproximado, y ejemplos de ello son cuantos métodos e instrumentos de diferenciar se inspiran en el principio, severamente matemático, de que la derivada en un punto de una curva es el coeficiente angular de la tangente en ese punto, porque al llevarlo a la práctica queda muy erróneamente determinado ese coeficiente, salvo casos especialísimos, por la gran inseguridad que el trazado de tangentes ofrece.

Todos conocemos gran número de instrumentos integradores, basados en principios exactos que, a pesar de ello, ni dan ni pueden dar en la práctica mas que resultados generalmente erróneos y cuanto debe apetecerse es que sean tolerables estas aproximaciones.

Una misma persona, con el mismo planímetro, basado en exacto principio, hallará tantos valores distintos para la misma área, como determinaciones de ellas haga y si estas mediciones las efectúan personas diferentes los resultados serán más desemejantes, por la influencia de la ecuación personal. Por este motivo en este género de cálculos se emplean con frecuencia dos operadores, con objeto de tomar el promedio de los resultados que hallen.

Y esto nada dice ni en contra de la excelencia del principio fundamental ni de la construcción del instrumento que dió el modo de aplicarle; porque aun siendo perfectos uno y otra las cosas son como son, no como se quiere que sean y la realidad, al fin y a la postre, se impone con fuerza incontrastable.

En el ejemplo del planímetro que se ha expuesto el operador ha de seguir fielmente con el extremo de un punzón el contorno de una curva y ¿quién hay, por hábil, cuidadoso y calmoso que sea que pueda llevar a feliz término tal empresa y no se desvíe en uno u otro sentido?

A esto se agregará que no son perfectos los ejes de giro ni los engranajes y que a veces las roldanas que por rozamiento habían de girar resbalan; los punzones o lápices trazadores se tuercen más o menos etc., etcétera, y, en definitiva, se acumularán muchas causas de error y el resultado obtenido sólo por casualidad será exacto.

No cabe, por lo tanto, discutir únicamente la aproximación del fundamento científico de los instrumentos, porque tanto ó más que él importan otros orígenes de errores.

En lenguaje matemático todo esto quiere decir que si se designa el error total del resultado que proporciona un instrumento o método por E , por p el inherente al principio en que se funda; por c el correspon-

diente a la construcción de aquél, que podrá ser suma de muchos; y por m el que implique su manejo, la cuestión capital es que $E = \pm p \pm c \pm m$ sea lo más pequeño posible y poco significa que en un instrumento p sea nulo si c y m pueden tener valores relativamente grandes, porque será más erróneo que otro en que p valga algo y c y m sean muy pequeños.

No es difícil formarse idea de lo que E vale porque todo se reduce a integrar o diferenciar líneas bien definidas geométricamente, susceptibles de ser calculadas.

Por ejemplo, una recta paralela al eje de las x forma con esta y las ordenadas extremas un rectángulo bien definido, cuya superficie puede evaluarse con gran aproximación. Medida esa superficie varias veces con un planímetro las diferencias entre los números obtenidos y el área antes calculada dará idea de los valores de E .

La integral de esa recta es otra inclinada, que arranca del pie de su primera ordenada de la izquierda y fácil es ver lo que de ella puede desviarse a uno y otro lado la línea que dibuje un intégrafo, así como, a la inversa un diferenciador que opere sobre esa línea recta inclinada dará otra línea, próximamente paralela al eje de las x , cuyas discordancias medirán el error total con que la inscribe.

Si a estos sencillos ejemplos se aplicara el método propuesto, para integrar y diferenciar por puntos, evidente es que los resultados obtenidos serían de precisión muy superior a la proporcionada por planímetros e intégrafos, así es que para no hacer comparaciones colocándose en terreno favorable desde luego a aquellos métodos se prescinde de tales ejemplos y se recurre a otros.

En el que ya se ha expuesto al integrar una cosinusoide se llega a la integral final 19,962 mm mientras que el número exacto es 20 mm, así es que se comete un error absoluto de 0,038 mm o sea uno relativo de $\frac{0,038}{20} = \frac{1}{526,3}$ que no llega al 0,2 % y a tal límite de error inferior el 2 por 1.000, no alcanzan ciertamente los instrumentos integradores.

Del cuadro numérico que sirvió para diferenciar la sinusoide y obtener la cosinusoide se pueden tomar los datos para obtener los siguientes errores relativos:

$\frac{25}{1225}$	próximamente	2 %	$\frac{15}{8185}$	próximamente	0,2
$\frac{5}{365}$	,	1,4	$\frac{25}{10175}$	,	0,2
$\frac{1}{599}$	,	0,2	$\frac{1}{1191}$	,	0,1

$\frac{45}{13355}$	próximamente	0,3	$\frac{7}{1523}$	próximamente	0,3
$\frac{3}{1447}$	,	0,2	$\frac{15}{15615}$	,	0,1

La pequeñez de las dos primeras ordenadas de la cosínusoide que son 1,225 y 3,65 milímetros hace que, como es natural, resulten los errores relativos algo grandes, aunque sean pequeños los errores absolutos correspondientes; pero, en todas las demás determinaciones, aun no llegando a ser grandes los números exactos, ni mucho menos, los mayores errores no exceden del 3 por mil, que es límite bien satisfactorio.

Para comparar los resultados obtenidos con el método de integración explicado y con planímetros del sistema Wetli, los Sres. Portuondo y Carcedo, que tienen por ocupación diaria en el Instituto Geográfico y Estadístico el manejo de esos instrumentos, para calcular superficies de los pequeños polígonos utilizados en el avance catastral, calcularon la que correspondía a un mismo cuadrante de un círculo de 60 milímetros de radio hallando el primero con el planímetro núm. 298, en dos mediciones sucesivas: 2810 mm.² y 2812 y el segundo con el planímetro núm. 300: 2806 y 2810 mm.²

Por su parte, el autor calculó la misma área por el método ya indicado y halló para ella el valor: 2815,20 mm.²

Como el área era $\frac{1}{4} \pi r^2 = 2827,44$ mm.² se puede formar fácilmente el siguiente cuadro numérico:

	Áreas obtenidas.	ERRORES		
		Absolutos.	Relativos.	En tantos %
Planímetro Wetli 298.....	2810 mm ² ...	17,44	1/162	0,62
Id. 298.....	2812 » ...	15,44	1/188	0,55
Id. 300.....	2806 » ...	21,44	1/132	0,77
Id. 300.....	2810 » ...	17,44	1/162	0,62
Método directo.....	2815,20 » ...	12,24	1/231	0,48

De advertir es, en beneficio del método, que, como se ve, resulta más preciso, que los planímetros los emplearon, muy cuidadosamente, personas expertísimas en su manejo mientras que el área obtenida por aquel método era la tercera calculada por el autor, apreciando a ojo las longitudes de las ordenadas, en el papel cuadriculado en que estaba dibujado el cuadrante.

Aparte de estos casos prácticos, de razón es que el método expuesto para integrar cuando se aplique bien, midiendo las ordenadas con instrumentos apropiados, ya en uso, que dan el valor de las coordenadas

con pequeños errores, ha de dar resultados más precisos que los aparatos de integración.

Estos aparatos en realidad al recorrer sus punzones las curvas dadas, lo que hacen es ir midiendo maquinalmente longitudes de ordenadas, que van tomando en cuenta, con sus correspondientes errores, muy grandes a veces, para entregar automáticamente el resultado de las sumas efectuadas, en las que se compensarán o no esos errores.

Entiéndase bien que con estas consideraciones acerca de los planímetros sólo se ha tratado de evidenciar la precisión del método de integración propuesto y que no pretende el autor, ni remotamente, que el tal método pueda sustituir en la práctica a esos aparatos, de tan rápido y fácil manejo y de suficiente precisión.

Ni ese método, ni el de integración gráfica de Zmurko, fundado en el mismo principio que el intégrafo de Abdank, ni otros analogos, ideados o que pudieran inventarse, podrán jamás competir afortunadamente, por lo fastidiosos y pesados, con la integración automática y sólo se emplearán en casos muy excepcionales o cuando se carezca de instrumentos que realicen esta última.

Los diferenciadores que dibujen la diferencial de una curva dada, por puntos o de un modo continuo, han de tener, en general, notable ventaja desde el punto de vista de la precisión, sobre los aparatos que resuelven el problema inverso o intégrafos.

Estos últimos, en efecto, cuando la curva que han de integrar es un poco larga y se halla toda ella a uno u otro lado del eje de las x y bien separada de él habrían de resolver el imposible problema de trazar curvas integrales de enormes ordenadas.

Así, en el ejemplo que antes se dió del cuadrante de círculo, referido a uno de los radios como eje de las x y a la tangente en su extremo, como eje de las y , las ordenadas de la integral crecen rápidamente y la última llega a valer nada menos que 2827 mm en números redondos y claro es que no va a construirse un gigantesco intégrafo, que dé ordenadas de cerca de 3 metros.

Habrà de adoptarse el expediente de hacer que el intégrafo dibuje la curva en muy reducida escala y aparecerà el defecto que le hará ser inferior en precisión al derivador, porque claro es que si la integral resulta, por ejemplo, en escala de $\frac{1}{20}$, por 20 habrá que multiplicar sus ordenadas para obtener los números verdaderos que se buscan en las aplicaciones y los errores de los resultados serán veinte veces mayores, que los producidos directamente por el aparato.

Los diferenciadores, por lo contrario, como operan con diferencias de

ordenadas y no con sumas de ellas, producirán curvas de reducidas dimensiones y sólo en casos muy excepcionales dejarán de dibujar las diferenciales en la escala de la integral a que corresponden.

Además, al comparar intégrafos con diferenciadores no debe echarse en olvido que cada ordenada de la integral es función de todas las que le preceden, mientras que en las diferenciales, determinadas como se ha indicado, cada ordenada depende sólo de las dos de la integral, entre las cuales se halla.

Estas circunstancias, inherentes al modo de ser de ambos géneros de aparatos, hacen que si en ellos se producen errores de los llamados sistemáticos, por no variar de signo o sentido, queda limitado su efecto y acaso anulado en los diferenciadores, que al operar restan las mediciones de dos ordenadas de la integral, mientras que en los intégrafos han de acumularse por la suma constante de ordenadas de la diferencial que han de efectuar, salvo al cambiar de signo las adiciones hechas, en los máximos y mínimos de la integral, correspondientes, como es sabido, a los ceros de la diferencial.

Así, por ejemplo, si el diferenciador al medir las ordenadas 2 y 3 de la integral (fig. 1) ha cometido el mismo error sistemático, $+0,2$ mm, en su diferencia, que dividida por $p q$ ha de dar $t z$, se habrá anulado su efecto, mientras que el mismo error sistemático en el intégrafo daría para la ordenada 1: $+0,2$ mm, para la 2: $+0,4$ mm y $+0,6$ mm para la 3, en la que alcanzará su máxima influencia, para decrecer luego hasta anularse en la 6 y volver a irse acumulando con signo — si la integral continuara más allá del punto h , hasta que la diferencial no volviera a cortar al eje x y a pasar por encima de él.

Se ha procurado, en cuanto precede, dar idea bastante aproximada de los errores inherentes a los métodos de integración y derivación expuestos, sin mostrar parcialidad alguna a favor de este último, a pesar de que constituye el objeto esencial del presente trabajo.

Al aplicar esos métodos, se han de cometer errores al apreciar la longitud de las ordenadas y en la comparación que se ha hecho entre la integración de un cuadrante de círculo con planímetros y por el método de integración adoptado se han cometido esos errores de estimación de longitudes de ordenadas. En la aplicación numérica de esos métodos a una senoide y a una cosenoide se han reemplazado por la combinación de errores de cálculo y de concepto, cometidos a sabiendas, para que su combinación sustituyera a los de apreciación de longitudes de coordenadas y además se han aceptado valores muy distintos para los factores de integración y derivación, puesto que este último es veinticinco veces mayor que el de integración, con lo cual resulta enormemente perjudi-

cada la derivación, toda vez que los errores absolutos finales son el producto de esos factores por los errores iniciales.

Puede estimarse, sin embargo, que no baste lo realizado hasta aquí para tener idea aproximada de los errores inherentes a los métodos expuestos y para comparar entre sí estos últimos y acaso no esté de más profundizar algo más en estas cuestiones.

Para tratar de esclarecer ese asunto se representa en la figura 5 en

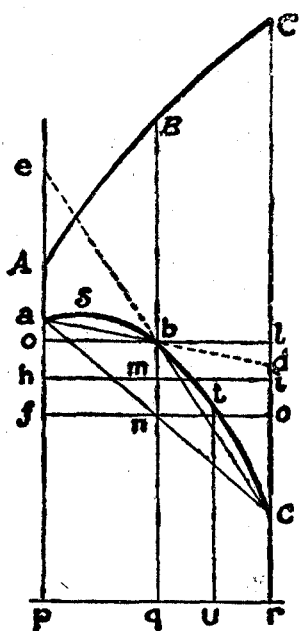


Fig. 5.

tamaño exageradamente grande, dos ordenadas consecutivas, pe y rl , el trozo correspondiente pr , del eje X y el de curva diferencial, $asbtc$, comprendido entre aquellas.

En las reglas antes expuestas para integrar y diferenciar y en el principio en que se basan, se ha supuesto que para integrar se parte de la medición de las longitudes bq de ordenadas equidistantes de las ep y rl de la integral y para diferenciar que eran estas longitudes bq las incógnitas buscadas.

Dentro del más severo rigor matemático la ordenada qb se confundirá con el promedio qn de las ap y cr solamente cuando la curva $asbtc$ se confunda también con su cuerda ac , o en el raro caso de haber en n un punto de inflexión de la curva, cuyos extremos fueran a y c .

En los demás casos se cometerá un error, grande o pequeño, bn y positivo o negativo, según sea el sentido de la curvatura del trozo

asb , al tomar una por otra esas dos ordenadas qn y qb . Por tal motivo, al operar con los promedios qn , en lugar de las ordenadas qb de la cosinusoide, se cometía a sabiendas un error, dentro del principio y de las reglas adoptadas, con objeto de reemplazar los errores de apreciación de las longitudes qb , que en la práctica han de cometerse, con la combinación de los bn con los errores de un cálculo efectuado con insuficiente número de cifras, para introducir de este modo errores sistemáticos y accidentales.

Si en vez de los arcos asb y btc se toman sus cuerdas, fácil es demostrar que la ordenada media, o altura del rectángulo equivalente a la superficie $pabcr$, corresponde a un punto m equidistante de b y n .

En efecto, como:

$$p o l r = p e c r \quad p h i r = p a b c r \quad p f g r = p a c r$$

restando, miembro a miembro, de la primera igualdad la segunda y de esta última la tercera, resultará que:

$$h o l i = a b e = d b c \quad h i g f = a b c$$

y como estos dos triángulos, $d b c$ y $a b c$, son equivalentes por tener el vértice común c y los lados opuestos iguales y en línea recta:

$$h o l i = h i g f$$

y por lo tanto:

$$b m = m n.$$

La verdadera ordenada media es la $q m$, de modo que al sustituirla por la $q n$ se comete un error por defecto $m n$, igual al que produce por exceso confundirla con la $q b$, de la diferencial.

La misma demostración puede hacerse cuando la curva presenta su convexidad hacia el eje X ; pero, en este caso los errores cambian de signo, por ser la menor de las tres ordenadas la de la diferencial y la mayor la del promedio.

Sería, por lo tanto, indiferente en el caso examinado, tomar el promedio o la ordenada de la diferencial, desde el punto de vista del valor numérico del error cometido; pero, se ha preferido utilizar la última, porque, en general, en la práctica producirá error menor, toda vez que no es exacto que los arcos $a s b$ y $b t c$ estén confundidos con las cuerdas que los subtienden.

En efecto, la existencia de esos arcos hará que, designado por $q m'$ la ordenada media que corresponde a la superficie $p a s b t c r$:

$$q m' = \frac{p a s b t c r}{p r} = \frac{p a b c r + (a s b a + b t c b)}{p r} = q m + \frac{a s b a + b t c b}{p r}$$

y por lo tanto:

$$m' b = q b - q m' = m b - \frac{a s b a + b t c b}{p r}$$

$$m' n = q m' - q n = m n + \frac{a s b a + b t c b}{p r} \quad y$$

$$m' n - m' b = 2 \frac{a s b a + b t c b}{p r} \quad o$$

$$m' b = m' n - 2 \frac{a s b a + b t c b}{p r}$$

de modo que se comete un error $m' b$ menor al tomar la ordenada de la diferencial.

Claro es que si en b o cerca de él hay un punto de inflexión cambiaría de signo uno de los dos segmentos que subtienden las cuerdas y su suma podría ser nula o llegar a cambiar de signo; pero, como los puntos de inflexión no son frecuentes siempre resultará, en general, muy provechoso tomar en lugar de la ordenada promedio $q n$, la $q b$, que corresponde a la diferencial y quedará justificada la preferencia otorgada a esta última, como se hará resaltar después en un ejemplo.

Si por E se representa el error absoluto $m' b$ cometido podrá, por lo tanto, escribirse que:

$$E < \frac{1}{2} b n,$$

salvo el caso excepcional que se acaba de señalar.

El valor de este error fácil es deducirlo porque del diminuto triángulo rectángulo que en la realidad formarían $b n$, la flecha f , del arco $a b c$ en el punto b , y el trozo de la cuerda $a c$ que esas dos líneas interceptaran se deduce que:

$$b n = \frac{f}{\text{sen } b n a}$$

y en su consecuencia:

$$E < \frac{1}{2} b n = \frac{f}{2 \text{ sen } b n a}$$

que demuestra la influencia de la curvatura de $a b c$ y de su inclinación respecto al eje de las y .

Gran número de razonamientos, demostraciones y métodos gráficos están fundados en que una curva, sea la que quiera, puede considerarse formada por una serie de trozos rectilíneos, sustituyendo así por las cuerdas los arcos de aquella que subtienden y haciendo en consecuencia, de modo sistemático y general, la flecha $f = 0$.

Tal hipótesis acaso fuera más lícito aceptarla aquí, con ese carácter universal, porque generalmente se tratará no de la flecha máxima de los arcos, sino de otra que a lo más puede igualarla, y todavía hay que tomar en consideración menos de la mitad de ella; pero, aunque teóricamente pueda llegarse a espaciar las ordenadas $A P$ y $C r$ lo suficientemente poco para que sin escrúpulo pudiera admitirse que f y por lo tanto el error E sean siempre prácticamente nulos, como no convendrá que la equidistancia sea inferior a 0,5 mm y ordinariamente será de 1 mm o más, cuando se trate de líneas que sean exageradamente inclinadas y de la curvatura, pequeña siempre, pero relativamente grande, que dentro

de tan estrecha faja pueda caber, habrá que aceptar la existencia de ese error E , para tan excepcionales circunstancias.

Inclinaciones muy exageradas de las curvas serán en el caso actual perjudiciales como lo son para todos los métodos gráficos y aparatos de integración conocidos, puesto que si bien $\text{sen. } bna$ no puede ser igual a cero cabe que ande cerca de serlo.

Nadie negará que una inclinación de $10'$, por ejemplo, sea perjudicial, porque para ella corresponde, aproximadamente, el valor de 0,003 para $\text{sen. } bna$; pero, con ella o con otras análogas no funcionarían los aparatos integradores y, sin embargo, no por eso dejan de ser buenos y utilísimos.

En efecto, los aparatos de ese género deben dar un resultado nulo cuando su punzón recorre el eje de las y ; pero, debieran acusar algo cuando recorran otra línea, que puede ser recta, poco inclinada con relación a ese eje. Sin embargo, los mecanismos no pueden ser tan perfectos, ni su manejo tan preciso, que no sean de temer grandes errores relativos para tan inusitadas inclinaciones y para ellas no resultará de peor condición el diferenciador que pueda idearse.

Claro es que en todo esto se trata de verdaderas minucias y que no ha de olvidarse que pr vale nada menos que 30 milímetros en la figura y que todas las líneas que entre Ap y Cr aparecen quedarían reducidas a un punto material cuando pr valiera medio o un milímetro; pero, así y todo se cree necesario insistir acerca de tales cuestiones, que no dejan de tener importancia cuando se trata de equidistancias relativamente grandes e inclinaciones que, aunque desusadas y poco probables, no dejan de ser excepcionalmente posibles.

En estos casos, en la integración cabe medir esos errores $bm = \frac{1}{2} bn$ aproximadamente y hacerles desaparecer, cuando se quiera obtener resultados muy precisos, porque todo se reduce a estimar en las ordenadas de la diferencial el promedio qn y el valor de bq , para hallar, con gran aproximación, qm , toda vez que se conocerá el valor numérico del error y se deducirá su signo del sentido en que esté la concavidad de la curva.

Al resolver el problema de la diferenciación debe recordarse que se determina con gran precisión la altura tz (fig. 1) de los rectángulos a, b, c, \dots , por ser matemáticamente exacta la primera parte del principio en que se funda la resolución de aquel problema; y que el error de principio, que da origen a los bm' que se examinan, consiste no más en que se supone que siempre los puntos t de la curva son, exactamente, los puntos medios de las bases rt , cuando puede suceder que se

hallen a derecha o izquierda de ellos; aunque siempre en esas bases.

Se comprenderá que si las tales bases no son del tamaño de 5 milímetros, que en la figura 1.^a tienen, sino de uno o de medio milímetro, pequeño ha de ser el error cometido uniendo sus puntos medios por un trazo continuo, salvo el caso de exageradísimas inclinaciones, poco probables, de la curva y de exigirse extremadas precisiones.

Conviene hacer notar, para tenerlo presente en la práctica, que esas grandes inclinaciones de la diferencial pueden deducirse *a priori* del examen de la curva integral.

En efecto, para que *ac* (fig. 5) esté muy inclinada, en uno u otro sentido, menester es que sea muy grande la diferencia de las ordenadas extremas *ap* y *cr*. Exige esto, a su vez, que, si se designa por *O* la ordenada *qB* de la integral, por *I* la situada a la izquierda de *Ap*, a una distancia de ella igual a *pq* y por *D* otra tercera ordenada de la integral, a la derecha de *Cr* y a la distancia *qr*, sin olvidar que entre *AP* y *Cr* no han de existir máximos ni mínimos, que:

$$ap - cr = \frac{O - I}{pr} - \frac{D - O}{pr} = \frac{2O - (D + I)}{pr}$$

sea muy grande, esto es, que no solamente haya extremada inclinación en la curva, para hacer posibles grandes valores de esa resta, sino que además la diferencia $2O - (D + I)$ ha de tener considerable valor, y por lo tanto, su mitad:

$$O - \frac{(D + I)}{2}$$

ha de conservarlo muy apreciable. Esto último implica la necesidad de que el trozo de recta que mida sobre *qB* esta última diferencia, análoga a la *bn* de la figura 5, que queda a uno u otro lado de la recta que una los extremos de *D* e *I* y que, en cierto modo, puede decirse que mide la curvatura de la integral, sea de crecido valor.

Cuando en la diferenciación de curvas, que hagan presumir desusadas y grandes inclinaciones de la línea buseada, se quiera obtener, a pesar de todo, resultados muy precisos, puede recurrirse a sustituir el dibujo dado de la integral, total o parcialmente, por otro en que se conserve la misma escala para las ordenadas y se varíe, en la proporción necesaria, la de las abscisas, conservando, sin embargo, pequeñas equidistancias de ordenadas.

En la figura 5 sólo con duplicar la escala, si se considera la ordenada *Cr* fija, el punto *b* irá a parar a *o*, la ordenada intermedia *tu*, equidistante de *qm* y *gr*, se colocará en la *qB* y el error *bn* quedará sustituido

por el que marca el pequeño trozo de tu , mucho menor, interceptado por el segmento $bctb$, puesto que las dimensiones verticales no varían. En general, cuando se multiplica la escala de las abscisas por n los errores que corresponden en la nueva figura son los que tendría la primitiva para equidistancias n veces menores que la adoptada, así es que si esta equidistancia en la nueva figura es de 0,5 milímetros, por ejemplo, y $n=5$, los errores nuevos serían los mismos que hubieran correspondido en la figura primitiva a equidistancias de una décima de milímetro, si posible hubiera sido trazar ordenadas tan próximas entre sí. Pocas veces hará falta acudir a este remedio; pero, no huelga expresarlo.

Y con esto, en que no podrá decirse que ha dejado de analizarse con severidad, quizá extremada, cuanto se refiere al error del principio fundamental, parece que basta y puede pasarse a dar las fórmulas que corresponden a los errores, en general.

En la práctica de los métodos establecidos, sea con aparatos o sin ellos, se cometen errores de apreciación en la longitud de las ordenadas, que han de tomarse en cuenta y combinarlos con los demás que pudieran presentarse.

Si se representa por B el valor, no de qB (fig. 5), sino el de la ordenada qb , que habrá de emplearse para determinar la ordenada C de la integral; por $\pm b$ el error que se comete al estimar su longitud y por $\pm p$ el $b m'$, se adoptará en vez de aquel valor exacto otro aproximado:

$$B \pm b \pm p.$$

Como este valor ha de multiplicarse por la equidistancia $p q$ que se representará por L y al emplearla podrá ir afectada de un error, que se designará por l , el producto aproximado será:

$$(B \pm b \pm p) (L \pm l)$$

el error absoluto que le corresponde:

$$E_i = (B \pm b \pm p) (L \pm l) - B L$$

y el relativo:

$$e_i = \frac{(B \pm b \pm p) (L \pm l) - B L}{B L} = \frac{(B \pm b \pm p) (L \pm l)}{B L} - 1.$$

Son estos errores los propios de cada uno de los sumandos que constituyen la integral y los de la ordenada del enésimo lugar serán:

$$E_{n-1} = [(B + B' + \dots + B^{n-1}) + (\pm b \pm b' \pm \dots \pm b^{n-1}) + \pm [p]] (L \pm l) - (B + B' + \dots + B^{n-1}) L,$$

representando para abreviar por $[p]$ y $[l]$ las sumas $\pm p \pm p' \pm \dots$ y $\pm l \pm l' \pm \dots$

$$e_t^{n-1} = \frac{[(B + B' + \dots B^{n-1}) + (\pm b \pm b' \pm \dots b^{n-1}) + \pm [p]](L \pm [l])}{(B + B' + \dots + B^{n-1})L} - 1.$$

Esta acumulación de errores es hija del modo de ser de la integración y se verificará siempre cualquiera que sea el método de integrar, gráfico o mecánico, que en ella se emplee.

En el sistema de diferenciación explicado, si por A y C se designan (figura 5) dos ordenadas consecutivas de la integral, y se conserva la notación antes aceptada, al medir esas ordenadas y restarlas se obtendrá el valor aproximado:

$$(C \pm c) - (A \pm a)$$

al dividirlo por la equidistancia:

$$\frac{(C \pm c) - (A \pm a)}{L \pm l}$$

y al tomarle en la ordenada media:

$$\frac{(C \pm c) - (A \pm a)}{L \pm l} \pm p$$

produciendo un error absoluto:

$$E_a = \frac{(C \pm c) - (A \pm a)}{L \pm l} \pm p - \frac{C - A}{L}$$

y uno relativo:

$$e_a = \frac{[(C \pm c) - (A \pm a)]L}{(L \pm l)(C - A)} + \frac{\pm pL}{C - A} - 1.$$

Como cada ordenada de la diferencial procede de una operación aislada, no existe en este caso la acumulación de errores y las fórmulas anteriores son la expresión general de cada uno de los que afectan a su correspondiente ordenada.

Los errores de apreciación de ordenadas: a , b y c son los de mayor importancia; pero, efectuando las mediciones con instrumentos apropiados pueden ser menores que 0,01 mm. A los que proceden de la división del eje de las x en n partes iguales, de longitud L , puede atribuírseles el mismo límite y el p , que procede del principio adoptado, valdrá en la generalidad de los casos unos cuantos micrones.

Esos errores de integración no son superiores a los que se cometen en otros métodos gráficos y con los instrumentos de integración. Si se supone, por ejemplo, que un integráfo recorre la curva ABC (fig. 1), al

llegar al punto m dará la ordenada 1 con cierto error; mientras recorre el trayecto $m n$ cometerá otro, que se agregará al anterior, estando contenida esta suma en la ordenada 2 y así sucesivamente. Claro es que lo mismo sucede con los planímetros y con los métodos gráficos, que siempre han de apoyar un resultado erróneo en otro que lo es a su vez, sumándose los errores.

Para aquilatar algo lo que se ha manifestado, acerca de los errores inherentes a los métodos descriptos, conviene examinar, con algún detenimiento, un ejemplo, en que se emplee el mismo valor para los factores de integración y de derivación.

Con tal fin se adoptará la senoide:

$$i = 40 \text{ mm. sen. } \frac{2\pi}{40s} t^s = 40 \text{ mm. sen } 9^\circ t$$

y su derivada:

$$d = 6,283184 \text{ mm cos. } 9^\circ t$$

a las que suponiendo $l_a = l_o = l = 1$ corresponde 1 como factor, y se calcularán de milímetro en milímetro, o sea de segundo en segundo, con suficiente número de cifras decimales para despojar en lo posible los resultados de la influencia de los errores de cálculo.

El cuadro numérico que sigue expresa el resultado de ese cálculo:

t	Cos $9^\circ t$	Sen $9^\circ t$	SINUSOIDE $i = 40 \text{ sen } 9^\circ t$	COSINUSOIDE	
				$d = 6,2832 \text{ cos } 9^\circ t$	Promedios.
				mm	mm
0	+ 1	0	0	+ 6,2832	
1	+ 0,9876882	+ 0,1564345	+ 6,257380	+ 6,205842	+ 6,244521
2	+ 0,9510566	+ 0,3090170	+ 12,360680	+ 5,975358	+ 6,090760
3	+ 0,8910066	+ 0,4539905	+ 18,159620	+ 5,598373	+ 5,780865
4	+ 0,8090169	+ 0,5877853	+ 23,511412	+ 5,083215	+ 5,340794
5	+ 0,7071063	+ 0,7071068	+ 28,284272	+ 4,442893	+ 4,763054
6	+ 0,5977853	+ 0,8090169	+ 32,360676	+ 3,693173	+ 4,008033
7	+ 0,4539905	+ 0,8910066	+ 35,640264	+ 2,852513	+ 3,272843
8	+ 0,3090170	+ 0,9510566	+ 38,042264	+ 1,941616	+ 2,397064
9	+ 0,1561345	+ 0,9876882	+ 39,507528	+ 0,982909	+ 1,462262
10	+ 0	+ 1	+ 40	0	+ 0,491454

Siguiendo el método ya aplicado en el ejemplo análogo tratado anteriormente se obtendrán los dos estados numéricos que siguen, en los que las ordenadas empleadas de la cosinusoide son las $q n$ de la figura 5.

INTEGRACIÓN

Ordenadas de la cosinusoide. — Promedios.	ORDENADA DE LA SINUSOIDE		ERRORES	
	Obtenidas.	Verdaderas.	Absolutos.	Relativos.
mm	mm	mm	mm	
+ 6,244521	+ 6,244521	+ 6,257380	+ 0,012859	$\frac{1}{500}$
+ 6,090760	+ 12,335281	+ 12,360680	+ 0,025 99	$\frac{1}{500}$
+ 5,786865	+ 18,122146	+ 18,159620	+ 0,037474	$\frac{1}{500}$
+ 5,340794	+ 23,462940	+ 23,511412	+ 0,048472	$\frac{1}{500}$
+ 4,763054	+ 28,225994	+ 28,284272	+ 0,058278	$\frac{1}{500}$
+ 4,068033	+ 32,294027	+ 32,360676	+ 0,063649	$\frac{1}{500}$
+ 3,272843	+ 35,566870	+ 35,640264	+ 0,073394	$\frac{1}{500}$
+ 2,397064	+ 37,963934	+ 38,042264	+ 0,078330	$\frac{1}{500}$
+ 1,462262	+ 39,426196	+ 39,507528	+ 0,081332	$\frac{1}{500}$
+ 0,491454	+ 39,917650	+ 40	+ 0,082350	$\frac{1}{500}$

DIFERENCIACIÓN

Ordenadas de la sinusoide.	ORDENADAS DE LA COSINUSOIDE		ERRORES	
	Obtendidas.	Promedios.	Absolutos.	Relativos.
0	mm	mm	mm	1
+ 6,257380	+ 6,257380	+ 6,244521	+ 0,012859	$\frac{1}{500}$
+ 12,360680	+ 6,103300	+ 6,090760	+ 0,012540	$\frac{1}{500}$
+ 18,159620	+ 5,798940	+ 5,786865	+ 0,012075	$\frac{1}{500}$
+ 23,511412	+ 5,351792	+ 5,340794	+ 0,010698	$\frac{1}{500}$
+ 28,284272	+ 4,772860	+ 4,763054	+ 0,009806	$\frac{1}{500}$
+ 32,360676	+ 4,076404	+ 4,068033	+ 0,008371	$\frac{1}{500}$
+ 35,640264	+ 3,279588	+ 3,272843	+ 0,006745	$\frac{1}{500}$
+ 38,042264	+ 2,402000	+ 2,397064	+ 0,004936	$\frac{1}{500}$
+ 39,507528	+ 1,465261	+ 1,462262	+ 0,003002	$\frac{1}{500}$
+ 40	+ 0,492472	+ 0,491454	+ 0,001018	$\frac{1}{100}$

En el cuadro numérico de la integración puede apreciarse en la columna de los errores la acumulación de los que proceden de los $m'n$ (figura 5), y en el de la diferenciación aparecen, los $m'n$ que aisladamente influyen en el valor de cada ordenada. Como debía ser, la suma de esos errores parciales ha resultado en el cálculo que va formando los de la integración.

Con objeto de aplicar el principio y los métodos adoptados, tales como son, sin introducir errores a sabiendas, se han calculado, como a continuación aparece, las ordenadas intermedias qb (fig. 5) de la cosinusoide y sus diferencias bn con los promedios qn .

ORDENADAS DE LA COSINUSOIDE				DIFERENCIAS
t	Cos $9^\circ t$	Verdaderas $d = 6,2882 \cos 9^\circ t$	Promedios.	
		mm	mm	mm
0,5	+ 0,9969171	+ 6,263830	+ 6,244521	+ 0,019309
1,5	+ 0,9722698	+ 6,109594	+ 6,090760	+ 0,018834
2,5	+ 0,9238794	+ 5,804920	+ 5,786865	+ 0,018055
3,5	+ 0,8526402	+ 5,357309	+ 5,340794	+ 0,016515
4,5	+ 0,7604060	+ 4,777783	+ 4,763054	+ 0,014729
5,5	+ 0,6494480	+ 4,080612	+ 4,068033	+ 0,012579
6,5	+ 0,5224985	+ 3,282963	+ 3,272843	+ 0,010120
7,5	+ 0,3826834	+ 2,404476	+ 2,397064	+ 0,007412
8,5	+ 0,2334454	+ 1,466784	+ 1,462262	+ 0,004522
9,5	+ 0,0784591	+ 0,492974	+ 0,491454	+ 0,001520

Con estos valores verdaderos de las ordenadas intermedias de la cosinusoides se han calculado los dos cuadros numéricos que siguen:

INTEGRACIÓN

Ordenadas de la cosinusoides. — Verdaderas.	ORDENADAS DE LA SINUSOIDE		ERRORES	
	Obtenidas.	Verdaderas.	Absolutos.	Relativos.
mm	mm	mm	mm	1
+ 6,263830	+ 6,263830	+ 6,257380	— 0,006450	$\frac{1}{1000}$
+ 6,109594	+ 12,373424	+ 12,360630	— 0,012744	$\frac{1}{950}$
+ 5,804920	+ 18,178344	+ 18,159320	— 0,018724	$\frac{1}{950}$
+ 5,357309	+ 23,535653	+ 23,511412	— 0,024241	$\frac{1}{980}$
+ 4,777783	+ 28,313436	+ 28,284272	— 0,029164	$\frac{1}{970}$
+ 4,080612	+ 32,394048	+ 32,360676	— 0,033372	$\frac{1}{980}$
+ 3,282963	+ 35,677011	+ 35,640264	— 0,036747	$\frac{1}{960}$
+ 2,404476	+ 38,061487	+ 38,042264	— 0,039223	$\frac{1}{970}$
+ 1,466784	+ 39,548271	+ 39,507528	— 0,040743	$\frac{1}{960}$
+ 0,492974	+ 40,041245	+ 40	— 0,041245	$\frac{1}{980}$

DIFERENCIACIÓN

Ordenadas de la sinusoide.	ORDENADAS DE LA COSINUSOIDE		ERRORES	
	Obtenidas.	Verdaderas.	Absolutos.	Relativos.
0	mm	mm	mm	1
+ 6,257380	+ 6,257380	+ 6,263830	+ 0,006450	$\frac{1}{1000}$
+ 12,360680	+ 6,103300	+ 6,109594	+ 0,006294	$\frac{1}{1000}$
+ 18,159620	+ 5,798940	+ 5,804920	+ 0,005980	$\frac{1}{970}$
+ 23,511412	+ 5,351792	+ 5,357309	+ 0,005517	$\frac{1}{900}$
+ 28,284272	+ 4,772860	+ 4,777783	+ 0,004923	$\frac{1}{950}$
+ 32,360676	+ 4,076404	+ 4,080612	+ 0,004208	$\frac{1}{970}$
+ 35,640264	+ 3,279588	+ 3,282963	+ 0,003375	$\frac{1}{980}$
+ 38,042264	+ 2,402000	+ 2,404476	+ 0,002476	$\frac{1}{980}$
+ 39,507528	+ 1,465264	+ 1,466784	+ 0,001520	$\frac{1}{960}$
+ 40	+ 0,492472	+ 0,492974	+ 0,000502	$\frac{1}{990}$

En estos dos últimos estados numéricos ya aparecen solamente los errores *b m*. En el de la diferenciación puede observarse que oscilan entre 6 milésimas de milímetro o micrones y cinco décimas de micrón.

Miden esos números la influencia de la curvatura y de la inclinación de la diferencial y tan pequeños son que aunque esta última se aumentara mucho todavía resultarían muy aceptables. Aunque al dibujar esa cosinusoide se adoptara para sus ordenadas una escala cinco veces mayor, nada menos, oscilarían los errores entre 0,03225 mm y 0,002510 mm a pesar de la gran inclinación que entonces tendría la curva, de la cual puede formarse idea sobre la figura 2 (página 22) en la que para la misma distancia *a e* tendría la ordenada *a D* una longitud doble.

Aparece también confirmado en estos cálculos lo que se indicó acerca del menor valor de $b m'$ con relación a $m' n$, porque basta comparar los errores que figuran en el último cuadro numérico, o sean los $b m'$, con los $m' n$, que aparecen en la precedente diferenciación, hecha con los promedios $q n$, para ver que $b m' = \frac{1}{2} m' n$ y, por lo tanto, que los errores $b m'$ que proporciona el principio adoptado son la *tercera parte* de los $b n$ que corresponden a los promedios.

Como confirmación de esto último debe resultar que si para determinar los valores de las ordenadas de la sinusoide se parte de ordenadas:

$$\frac{2qb + qn}{3} = \frac{2qm' + 2m'b + qm' - m'n}{3} = \frac{3qm' + (2m'b - m'n)}{3} = qm'$$

como los errores inherentes al sistema son nulos sólo quedarán los de cálculo y así aparece en el siguiente estado numérico, en que bien pueden calificarse de nulas las diferencias.

ORDENADAS DE LA COSINUSOIDE			ORDENADAS DE LA SINUSOIDE		
Verdaderas. — a	Promedios. — b	Calculadas. $\frac{2a+b}{3}$	Obtenidas.	Verdaderas.	Diferencias.
mm	mm	mm	mm	mm	mm
+ 6,263380	+ 6,244521	+ 6,257394	+ 6,257394	+ 6,257380	— 0,000014
+ 6,109534	+ 6,090760	+ 6,103316	+ 12,860710	+ 12,860680	— 0,000030
+ 5,804920	+ 5,786865	+ 5,798902	+ 18,159612	+ 18,159620	— 0,000008
+ 5,357309	+ 5,340794	+ 5,351804	+ 23,511416	+ 23,511412	— 0,000004
+ 4,777783	+ 4,768054	+ 4,772873	+ 28,284289	+ 28,284272	— 0,000017
+ 4,080612	+ 4,068033	+ 4,076419	+ 32,360708	+ 32,360676	— 0,000032
+ 3,82963	+ 2,272843	+ 3,279590	+ 35,640298	+ 35,640264	— 0,000034
+ 2,404476	+ 2,397064	+ 2,402005	+ 38,042303	+ 38,042264	— 0,000039
+ 1,466784	+ 1,462262	+ 1,465277	+ 39,507580	+ 39,507528	— 0,000052
+ 0,492974	+ 0,491454	+ 0,492467	+ 40,000047	+ 40	— 0,000047

Como el cálculo con promedios da errores de signo contrario que el efectuado con las ordenadas verdaderas, cualquiera que sea el sentido de las curvaturas, se obtendrán valores más aproximados efectuando operaciones con las medias de esos promedios y de esas ordenadas. Así lo pone

de manifiesto el siguiente estado numérico en que aparecen errores cuya cuantía viene a ser la mitad de los que corresponden al caso de emplear las ordenadas verdaderas.

Esos errores miden la influencia de los segmentos asb y btc de la figura 5 y claro es que cuando sean tan pequeñas que puedan considerarse como nulos, o bien se compensen en los puntos de inflexión, se obtendría en la integración el resultado exacto.

ORDENADAS DE LA COSINUSOIDE			ORDENADAS DE LA SINUSOIDE		
Verdaderas. \overline{a}	Promedios. \overline{b}	Calculadas. $\overline{(a+b):2}$	Omitidas.	Verdaderas.	Diferencias.
mm	mm	mm	mm	mm	mm
+ 6,263830	+ 6,244521	+ 6,254175	+ 6,254175	+ 6,257380	+ 0,003205
+ 6,109594	+ 6,090760	+ 6,100177	+ 12,354352	+ 12,360680	+ 0,006328
+ 5,804920	+ 5,786865	+ 5,795892	+ 18,150244	+ 18,159620	+ 0,009376
+ 5,357309	+ 5,340794	+ 5,349052	+ 23,499296	+ 23,511412	+ 0,012116
+ 4,777783	+ 4,763054	+ 4,770419	+ 28,269715	+ 28,284272	+ 0,014557
+ 4,030612	+ 4,068033	+ 4,074823	+ 32,344038	+ 32,360676	+ 0,016638
+ 3,282963	+ 3,272843	+ 3,277903	+ 35,621941	+ 35,640264	+ 0,018323
+ 2,404476	+ 2,397064	+ 2,400770	+ 38,022711	+ 38,042264	+ 0,019553
+ 1,466784	+ 1,461262	+ 1,464523	+ 39,487234	+ 39,507528	+ 0,020294
+ 0,492974	+ 0,491454	+ 0,492214	+ 39,979445	+ 40	+ 0,020552

Cuando se trate de integraciones en que se exija extremada precisión convendría emplear el sistema de cálculo, en que hay cierta compensación de errores, expuesto en el anterior cuadro numérico, que da el medio de obtener curvas integrales con errores muy inferiores a los que entraña el uso de los integrágrafos, y sin más auxiliares que papel cuadrulado, un lápiz y si acaso una lente o un aparato de medir coordenadas.

Como gráficamente puede construirse cualquier función $y = f(x)$ y, por el procedimiento acabado de expresar, es muy fácil hallar con gran precisión su curva integral, podría emplearse para integrar expresiones de una sola variable que hasta ahora se tengan por no integrables analíticamente y fácil es que el atento estudio de esas integrales gráficas diera la clave para hallarlas por el análisis y acaso descubriera hechos y leyes que hicieran progresar el cálculo integral, que tan atrasado está actualmente.

Con ser tan pequeños los errores que se han hallado todavía se puede disminuirlos sin más que adoptar equidistancias menores para las ordenadas. Tanto para confirmar esto como para evidenciar que también se podría emplear mayores distancias entre las ordenadas sin dejar de obtener resultados aceptables se ha calculado el siguiente cuadro de valores numéricos.

Equidistancia de las ordenadas.	Ordenadas de la cosinusoide.			ERRORES	
		Obtenidas.	Verdaderas.	Absolutos.	Relativos.
mm		mm	mm	mm	
0,25	Primera.	+ 6,281568	+ 6,281989	+ 0,000421	$\frac{1}{15000}$
0,25	Ultima.	+ 0,123360	+ 0,123362	+ 0,000002	$\frac{1}{60000}$
0,5	Primera.	+ 6,276728	+ 6,278356	+ 0,001628	$\frac{1}{3900}$
0,5	Ultima.	+ 0,246632	+ 0,246677	+ 0,000045	$\frac{1}{5500}$
1	Primera.	+ 6,257380	+ 6,263830	+ 0,006450	$\frac{1}{1000}$
1	Ultima.	+ 0,492472	+ 0,492974	+ 0,000502	$\frac{1}{980}$
2	Primera.	+ 6,180340	+ 6,205842	+ 0,025502	$\frac{1}{240}$
2	Ultima.	+ 0,978868	+ 0,982909	+ 0,004041	$\frac{1}{250}$
3	Primera.	+ 6,053207	+ 6,109594	+ 0,056387	$\frac{1}{110}$
3	Ultima.	+ 1,453245	+ 1,466784	+ 0,013539	$\frac{1}{110}$
4	Primera.	+ 5,877853	+ 5,975358	+ 0,097505	$\frac{1}{60}$
4	Ultima.	+ 1,909831	+ 1,941616	+ 0,031785	$\frac{1}{60}$
5	Primera.	+ 5,656854	+ 5,804920	+ 0,148066	$\frac{1}{40}$
5	Ultima.	+ 2,343145	+ 2,404476	+ 0,061331	$\frac{1}{40}$

Si se dibujara la cosinusoide obtenida para la equidistancia de medio

milímetro en escala 20 veces mayor para las ordenadas, se vé, por los números del anterior cuadro numérico, que los errores producidos por el principio en que se base el método de diferenciación adoptada, serían de 0,03256 mm para la 1.^a ordenada y de 0,0009 mm para la última despreciables, por lo tanto, sobre todo tratándose de estudios gráficos. Ese aumento de escala haría que la figura 2 se transformara en otra en que la ordenada aD viniera a ser unas 8 veces la representada en ella. Produciría este aumento de aD , sin variar $a e$, una cosinusoides con grandes inclinaciones y se tendrá confirmado, en un ejemplo, cuanto se ha dicho acerca de la influencia en los errores de la inclinación de las curvas diferenciales, que sólo en casos muy excepcionales habrá de tomarse en cuenta, y produce menores perjuicios en la diferenciación propuesta, que en las integraciones puramente gráficas o mecánicas además de gráficas, que actualmente se emplean.

15.—Descripción del diferenciador.

El instrumento que se describirá puede servir también, introduciendo en él ligeras adiciones, como intégrafo y como integrador o planímetro; pero, la circunstancia de no existir diferenciadores y abundar los instrumentos de integración aconseja darle el nombre adoptado de diferenciador, aunque no sea todo lo apropiado que debiera, por huir de los poco eufónicos de diferenciógrafo, derivógrafo u otros parecidos.

Para hallar la curva ABC (fig. 1) diferencial de la $o i h$ se ha visto que es necesario y suficiente:

- 1.° Hallar las diferencias entre cada dos ordenadas consecutivas, 3 — 2, 2 — 1, etc.
- 2.° Multiplicar estas diferencias por el factor de derivación.
- 3.° Tomar estos productos parciales en las ordenadas intermedias, $t z$, para obtener los puntos t de la diferencial, que han de unirse por un trazo continuo.

Estas operaciones sucesivas pueden realizarse mecánicamente de varios modos y la invención del diferenciador consiste esencialmente en haber pensado en ellas, por sencillas, naturales y claras que parezcan, así es que cualquier instrumento que mecánicamente las realice, debe considerarse como inspirado en las mismas ideas, en todo lo fundamental, aunque puede haber variaciones materiales respecto de la solución que se describirá.

Consiste el diferenciador en un carretón $ABCD$ (fig. 6), que puede moverse, resbalando a lo largo de correderas, por la acción de un tornillo E , en el sentido del eje de las x , así como dentro de él puede moverse en el

sentido de las y , otro carretón $F G H I$, guiado por correderas también y movido por el tornillo $J J$.

En el extremo $F G$ de ese segundo carretón, hay un cristal con una cruz grabada, de trazos interrumpidos muy poco antes de llegar al punto de cruce, con objeto de poder ajustar bien este último a los extremos de las ordenadas de la integral, que trate de diferenciarse.

Sobre el carretón grande, $A B C D$, va montada una palanca $K L M N$, cuyo eje de giro se halla en N , y además la pieza $L R$ destinada a inscribir, con su extremo R , los puntos de la diferencial buscada.

Esta pieza $R L$ está guiada por la $o P$, dentro de la cual puede resbalar y se apoya por su extremo L en la palanca $K N$, por la acción del resorte helizoidal S .

Puede correrse $o P$ y por lo tanto $R L$ a derecha o izquierda por medio del tornillo Q , para que la relación entre los brazos de palanca $L N$ y $M N$ sea la exigida por el valor del factor de derivación.

Se apoya $L R$ sobre la palanca por una arista y lo mismo le ocurre a la pieza T , que no va unida invariablemente al carretón $F G H I$ sobre el que se halla montada, sino que puede correr a lo largo de él, siguiendo los movimientos longitudinales del tornillo U .

Con objeto de que el extremo $F G$ se adapte bien al papel en que se halle dibujada la integral tiene la disposición indicada en la figura 7, para salvar el grueso de la placa de asiento V , del aparato.

El extremo de la pieza R se representa en detalle en la figura 8. De ordinario el punzón X destinado a marcar los puntos de la diferencial se halla levantado por el resorte plano $Z Y$, siendo suficiente oprimir ligeramente este último cada vez que haya de inscribirse un punto de la diferencial. Las cabezas de los tornillos J y E deben estar graduadas y provistas de índices, que no se han representado en la figura.

Para facilitar la construcción pueden hacerse los cuatro tornillos Q , J , E y U del mismo paso, de un milímetro, por ejemplo.

Bastará entonces que las cabezas de los tornillos J y E sean de 2,5 centímetros de diámetro para que en ellas quede claramente representada la centésima de milímetro, puesto que a cada una de estas le corresponderá en la circunferencia de aquellas cabezas una longitud de 0,786 milímetros y si se deseara mayor longitud fácil es conseguirla disminuyendo el paso de los tornillos, aumentando el diámetro de sus cabezas o variando convenientemente uno y otro.

Representa la figura 6 el diferenciador en la escala aproximada de $\frac{1}{2}$ y en ella se ha supuesto un recorrido del carretón $A B C D$ de unos 75 mm, otro de 40 mm del $F G H I$ y de 20 mm para la pieza $R L$; pero

claro es que todos esos recorridos pueden variarse parcial o totalmente sin que resulte modificado el aparato en su modo de ser.

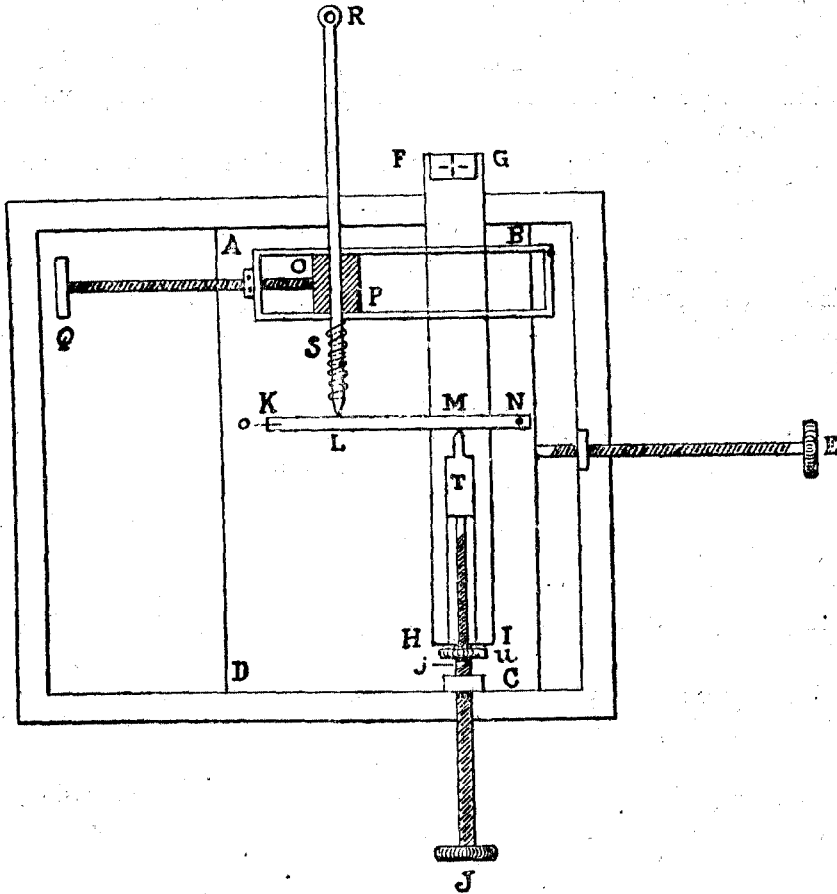


Fig. 6.

Para las aplicaciones de ese aparato en Sismología, en que se operará

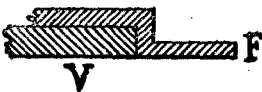


Fig. 7.

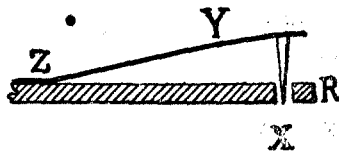


Fig. 8.

sobre trozos de curvas de pequeñas ordenadas basta con las dimensiones indicadas; pero, para otros usos convendrá aumentar el recorrido del ca-

retón $F G H I$ y el de la pieza $R L$, alejando más con este último objeto $O P$ de la palanca $K N$,

La longitud $M N$ del brazo de esta palanca es de 10 mm la del $N L$ puede variar de 5 mm a 40 mm y, por lo tanto cabe operar con factores de diferenciación que oscilen entre 4 y 0,5; pero, fácil es distanciar más los límites de estas variaciones, sin más que aumentar las dimensiones de la palanca.

Como es de gran importancia ajustar bien el punto marcado por la cruz del extremo $F G$ al de la curva cuya ordenada entre en juego, convendrá disponer, montado sobre ese extremo un microscopio, de los habitualmente usados en los instrumentos de topografía y geodesia. Con ese mismo objeto puede sustituirse el rectángulo $F G$ por un disco giratorio, que permita dar a las líneas en él trazadas la posición más conveniente, con relación a la curva.

Bien sobre la palanca $K N$ o ya en uno de los bordes de la corredera recorrida por la pieza $O P$ deberá haber una graduación, en milímetros, por lo menos, que permita colocar la arista L a la distancia del eje de giro, N , exigida por el factor de diferenciación. El uso de un nonio, aunque no indispensable, facilitará sin duda alguna esa operación y le dará mayor precisión.

16.—Uso del diferenciador, para trazar curvas diferenciales.

En la práctica, dada una curva cuya diferencial quiera obtenerse gráficamente lo primero que hará falta es determinar su factor de diferenciación.

Como repetidamente se ha indicado tiene este factor la expresión.

$$f_d = \frac{l_a \times l_o}{l}$$

en que l_a , l_o y l estarán expresadas en la misma unidad, u , siendo l_a — la longitud, en unidades u , de la unidad correspondiente a las abscisas.

l_o — la longitud, en unidades u , de la unidad correspondiente a las ordenadas.

l — la longitud, en unidades u , de la equidistancia adoptada para las ordenadas.

La curva dada, tanto por su aspecto geométrico y por la precisión con que se desee obtener su derivada, como por la naturaleza de las cantidades a que se refiera, determinará el valor del coeficiente de diferenciación.

Cuanto menor sea la curvatura de la línea dada mayor valor podrá darse a l y siempre que se desee obtener la diferencial con gran precisión esa equidistancia deberá elegirse de pequeña longitud. Con un milímetro de equidistancia se obtendrán resultados de gran precisión en la casi totalidad de los casos y en muchas aplicaciones, sobre todo si las curvaturas de la línea dada son pequeñas, bastará emplear equidistancias de 2 o 3 mm.

Fijada la longitud que se elige para equidistancia en una unidad dada, en milímetros, por ejemplo, como acaba de suponerse, los otros dos números l_u y l_o quedarán determinados por las cantidades que representen.

Así, en el caso de ser la curva dada la de los espacios que corresponde a un movimiento, si en ella cada segundo está representado por una longitud de 2 mm de las abscisas y cada metro por 3 mm de las ordenadas: $l_u = 2$ mm y $l_o = 3$ mm y el factor de diferenciación, para una equidistancia de 2 mm, sería $\frac{2 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} = 3$.

Cuando el factor de diferenciación que resulte no pueda darlo la palanca del diferenciador ya se indicó que sin modificar la curva dada puede cambiarse l . Si esto no bastara podrá operarse con los límites que a ese factor puede dar el diferenciador teniendo entonces presente que resultará modificada la escala de las ordenadas.

Por ejemplo, si en el mismo caso, antes supuesto, de que la curva dada sea la que represente la ley de los espacios de un movimiento, fueran $l = 1$ mm, $l_u = 2$ mm y $l_o = 5$ mm el factor de diferenciación valdría $\frac{2 \times 5}{1} = 10$ y cabría adoptar la equidistancia de 2,5 milímetros ($l = 2,5$ mm) en vez de 1 mm para que el factor fuera sólo 4.

Pero, si no quisiera variarse, por cualquier razón, la equidistancia, podría emplearse el diferenciador en el límite 4, teniendo entonces en cuenta que, como en vez de efectuar las multiplicaciones por 10 se llevan a cabo con el factor 4, las ordenadas obtenidas serán $\frac{4}{10} = \frac{2}{5}$ de las verdaderas, de modo que en vez de representar cada 5 mm un metro, está representada esta última unidad por $\frac{2}{5} 5 = 2$ mm.

En general, si f'_a representa el factor con que se hace operar al diferenciador la escala de las ordenadas de la diferencial será $\frac{f'_a}{f_a}$.

También puede variarse el dibujo de la curva dada cuando a toda costa quiera tomarse la diferencial en la misma escala que su integral,

haciendo variar, como acomode l_a , l_o o ambas longitudes a la vez.

En el ejemplo anterior sería suficiente que en las abscisas cada segundo estuviera representado por 0,8 mm para que el factor de diferenciación fuera 4, o bien bastaría con conservar la longitud $l_a = 2$ mm y representar cada metro de las ordenadas por 2 mm ($l_o = 2$ mm) o podría adoptarse para el nuevo dibujo $l_a = 1$ mm $l_o = 3$ m y operar con el factor 3, etc., etc.

Aunque ya se examinaron en este trabajo las variaciones posibles del factor de diferenciación no ha parecido superfluo insistir acerca de tan importante cuestión.

Sea como quiera, fácil es averiguar el factor con que ha de operar el diferenciador y marcarlo y situar la arista L en el lugar conveniente.

Se concluirá de preparar el aparato para trabajar con él, llevando el carretón grande $ABCD$ a su extrema posición de la izquierda; el $F G H I$ a la más baja que pueda tener y la pieza T de modo que la palanca KN esté en cero.

Colocado el aparato sobre el papel en que se halle la curva que ha de diferenciar se hará que el borde superior de aquel sea paralelo al eje de las x de esa curva y que el punto más bajo de esta última esté proximalmente en el centro de la cruz de $F G$. En esa posición se oprimirá el resorte $Z Y$ (fig. 8) y quedará marcado un punto del eje de las x de la diferencial.

Se afinará después el diferenciador obrando con los tornillos J y E hasta que el punto más bajo de la curva coincida bien con el señalado en $F G$ dejando en cero la palanca, con el otro tornillo u , para poder comenzar las mediciones.

Con el tornillo E se hará correr el carretón grande, hacia la derecha, la equidistancia adoptada; se hará subir el $F G$, por medio del tornillo J , hasta que se halle en la cruz un punto de la curva y se marcará con el punzón de R el primer punto de la diferencial.

Después se volverá a cero la palanca; se correrá el carretón grande otra equidistancia; se volverá a operar sobre el $F G$, para visar el punto correspondiente de la integral; se marcará con R el segundo punto de la diferencial; se volverá a cero la palanca y así sucesivamente.

Una vez terminada la curva se marcará otro punto cuando la palanca esté en cero para dejar determinado el eje de las x y claro es que en el transcurso de la operación se podrá marcar cuantos puntos se deseen de ese eje. Desde luego deberán marcarse los que correspondan a los máximos y mínimos de la curva dada, que son ceros de su diferencial.

En algún caso quizás ocurra que no sea suficiente el recorrido del

aparato en sentido horizontal para visar toda la curva dada o que no baste el que tiene en sentido vertical.

Cuando no baste el recorrido del diferenciador en sentido horizontal, una vez llegado el carretón $A B C D$ a su posición extrema de la derecha se correrá todo el aparato, y se continuará la operación, comenzando por visar el último punto que se tuvo en cuenta de la curva integral dada.

Si no basta el recorrido del diferenciador en sentido vertical para poder visar todos los puntos de la curva se operará hasta donde se pueda, dejando señalados el último punto de la curva dada que pudo visarse y el primero que después se halle a la misma altura y se observe en el recorrido horizontal del aparato. Después de terminada esta carrera se colocará el instrumento paralelamente a su primitiva posición y más alto, debajo del trozo de curva que se haya dejado de estudiar, para señalar el trozo correspondiente de la diferencial y la nueva situación del eje de las x , que a esta porción de la curva corresponde.

Al operar como se ha indicado, si l es la equidistancia adoptada claro es que a la izquierda de la diferencial quedan sin marcar los puntos que corresponden al trozo $\frac{l}{2}$ del eje de las x y que otro tanto sucede a la derecha de aquella curva, toda vez que en realidad lo que hace el diferenciador es ir señalando las ordenadas intermedias análogas a la tz de la figura 1.^a

En general no será indispensable obtener esos pequeñísimos trozos de curva; pero si alguna vez lo fuera bastaría operar en ellos con equidistancias tan pequeñas que $\frac{l'}{2}$ fuera totalmente despreciable.

Puede verse en el ejemplo ya explicado de ser la integral una senoide que la primera ordenada de la cosinusoide que se obtiene es 15,60 milímetros y que la máxima de esa curva, colocada a medio milímetro a la izquierda, puesto que fué de un milímetro la equidistancia adoptada, es 15,71 mm; pero basta suponer en un principio que esa equidistancia es de medio milímetro para obtener 15,70 mm como primera ordenada de la diferencial, que ya sólo está situada a $\frac{1}{4}$ de milímetro a la derecha de la ordenada máxima de la cosinusoide y sin error sensible puede confundirse con ella. En la introducción de este trabajo ya se indicó que el diferenciador era de manejo algo pesado y así es comparado con otros aparatos similares, tales como los planímetros e integráfos, que de un modo continuo realizan las operaciones a que están destinados, recorriendo con un punzón la curva dada.

No es empresa imposible, ni mucho menos, conseguir mayor velocidad de trabajo con el diferenciador, modificando este aparato; porque las ope-

raciones sucesivas que con él han de realizarse podrían obtenerse automáticamente al ir recorriendo la curva dada un punzón establecido en FG , en sustitución de la cruz; pero, el autor no ha considerado práctica esta solución por varias razones y ha preferido sacrificar la rapidez del manejo del aparato a la precisión de los resultados que este último produzca.

Una de esas razones es la enorme dificultad de hacer pasar la punta de un punzón precisamente sobre la curva dada sin que se desvíe a uno y otro lado de ella. Sólo moviendo ese punzón con lentitud y cuidado grandes puede conseguirse aproximadamente la coincidencia entre la curva y la que va trazando el extremo de aquel y entonces la ventaja de la mayor rapidez resulta muy disminuida, aparte de que nunca será lo mismo estimar longitudes de ordenadas con un aparato que esté en completo reposo que evaluarlas automáticamente con él mientras se mueve.

Además, la necesidad de complicar el aparato, introduciendo en él engranajes y escapes cuyo perfecto ajuste y funcionamiento son muy difíciles de conseguir, y que perjudican su sencillez y precisión, parece que aconseja también atenerse a la forma que al diferenciador se ha dado.

Ese defecto de la lentitud en el manejo del aparato aunque real no es grande. Aun no siendo muy diestro el operador en el manejo del aparato puede marcar sin gran dificultad cuatro o cinco puntos por minuto, que, por término medio, dan unos 45 en diez minutos.

Con arreglo a la equidistancia adoptada de 1; 1,5; 2; 2,5; 3 milímetros a esos 45 puntos marcados corresponde un recorrido horizontal, según el eje de los x , de 4,4 cm; 6,6; 8,8; 11,00; 13,2 de modo que, de no tratarse de curvas de longitudes desusadas puede afirmarse que no excederá de diez o quince minutos el tiempo empleado en obtener una diferencial y como no se trata con el diferenciador de realizar operaciones industriales, en que es de tan capital importancia el tiempo, sino de llevar a cabo estudios científicos, por lo general lentos, en los que la velocidad no es factor de importancia y si la tiene grande la precisión, el defecto de la lentitud en el manejo del diferenciador resulta algo atenuado.

Se ha supuesto, implícitamente, para mayor sencillez, que el primer punto de la izquierda de la curva dada sea el más bajo; pero, claro está que cuando así no suceda bastará partir de una posición inicial del carrerón $F G H I$ que no sea la más baja que pueda tener, sino de otra distanciada de esta verticalmente lo necesario para poder luego visar el punto más bajo de la curva.

17.—Aplicación del diferenciador al cálculo de diferenciales.

Ocasiones habrá en que no sea imprescindible obtener gráficamente

la curva diferencial y se considere preferible determinar numéricamente las coordenadas de algunos de sus puntos y en tal caso se simplifica el manejo del diferenciador, porque se puede suprimir la vuelta al cero de la palanca y el trazado de los puntos de la diferencial, toda vez que la operación ha de reducirse a medir longitudes de ordenadas de las curvas dadas o sus diferencias sucesivas, para una equidistancia determinada. Para establecer esta última se hará uso del tornillo *E* y, para medir las ordenadas o sus diferencias del tornillo micrométrico *F*, llevando antes la pieza *T* al punto más bajo de la carrera, para que no se apoye en la palanca y estorbe, por lo tanto, el manejo del carrétón *F G H I*.

Como ejemplo de esta aplicación del diferenciador se incluye el siguiente cuadro numérico, correspondiente a la sinusoide ya citada primeramente en el presente trabajo.

La primera columna de ese cuadro contiene las abscisas de la integral, correspondientes a la equidistancia adoptada, en la segunda figuran ordenadas apreciadas con el tornillo micrométrico *J*, con relación a un eje de las *x* arbitrario; la tercera columna se obtiene de la 2.^a por el cálculo y la última multiplicando esas diferencias por el factor de diferenciación, que es 5.

INTEGRAL		Diferencias.	DIFERENCIAL	
Tiempos.	Lecturas.		Tiempos.	Ordenadas.
s	mm	mm	s	mm
0	30			
0,2	33,12	+ 3,12	0,1	+ 15,60
0,4	36,18	+ 3,06	0,3	+ 15,30
0,6	39,08	+ 2,90	0,5	+ 14,50
0,8	41,76	+ 2,68	0,7	+ 13,40
1,0	44,14	+ 2,38	0,9	+ 11,90
1,2	46,18	+ 2,04	1,1	+ 10,20
1,4	47,82	+ 1,64	1,3	+ 8,20
1,6	49,02	+ 1,20	1,5	+ 6,00
1,8	49,76	+ 0,74	1,7	+ 3,70
2,0	50,00	+ 0,24	1,9	+ 1,20
			2	0

18.—Empleo del diferenciador para medir coordenadas.

Por todo lo expuesto fácilmente se ve que el diferenciador puede utilizarse para medir coordenadas con gran precisión, toda vez que con el tornillo E podrán estimarse las abscisas y con el J las ordenadas de los puntos de la curva que se desee.

19.—Modificaciones del diferenciador para que sirva como intégrafo o como integrador.

Para integrar una curva ya se ha dicho que las operaciones sucesivas que han de efectuarse son medir las ordenadas tz de la diferencial, multiplicarlas por el factor de integración y agregar el producto a la ordenada anteriormente determinada de la integral.

La medición de ordenadas, de equidistancia dada, puede efectuarse con el carretón $ABCD$ y el $F G H I$, por medio de sus correspondientes tornillos E y J , sin modificar en nada el aparato.

La multiplicación de esas medidas se obtiene, también sin variar el aparato, por medir de la palanca KN y de la pieza RL ; pero, hay que modificarle algo para que realice la operación que resta o sea agregar ese producto, obtenido en el extremo R , a la ordenada anterior de la integral.

El punzón R en la posición cero del aparato proporcionará un punto del eje de las x de la integral. Medida la primera ordenada de la diferencial resultará ésta multiplicada por el factor de integración en el avance que efectúe ese punzón, con el que se marcará el primer punto de la integral. A esa longitud, que ha subido la pieza RL , ha de agregarse después la que corresponde a la segunda ordenada de la integral y ese vástago dará la suma de las dos primeras áreas parciales de la diferencial o sea la 2.^a ordenada de la integral y así sucesivamente. En resumen, por lo tanto, todo se reduce a adoptar alguna disposición que permita los movimientos verticales de la pieza RL impulsada por la palanca y la mantenga en la posición final que le corresponda hasta sufrir la nueva suma algebraica con el área parcial siguiente.

Se necesita, por lo tanto, que RL pueda tener longitudes variables y esto puede conseguirse de varios modos.

Uno de ellos consiste en agregar a la pieza P un tornillo de presión, que mantenga la pieza RL en las posiciones finales a que llegue, movida por la palanca KN , y en disponer en ese vástago RL un tornillo y una pieza corrediza, como los U y T del carretón $F G H I$, que consienta variar la distancia entre R y L según convenga.

Como en las mediciones de las ordenadas parte siempre el carretón $F G H I$ del pie de ellas o sea del eje de las x , claro es que a la posición del cero de la palanca, corresponde otra fija de T , de modo que en realidad al convertir el diferenciador en intégrafo se ha trasladado la manobra de la vuelta al cero de aquel carretón al vástago trazador $R L$.

Ese intégrafo tendrá desde luego el defecto genérico de tales aparatos, antes señalado y basta, en efecto, ver la figura 1.^a para apreciar que, aun tratándose de una curva de pequeñas dimensiones, cortas ordenadas y situada a uno y otro lado del eje X ya hace falta que el vástago integrador $R L$ pueda alargarse la no despreciable longitud dada por la ordenada 3 de la integral.

En virtud de esto, habrá necesidad en muchos casos de tomar en la palanca $K N$ no el factor de integración sino un submúltiplo suyo, que dará en escala reducida la integral, con los errores, relativamente grandes, que a tales reducciones corresponderán.

Aun tratándose de la curva $A B C$ (fig. 1) bastaría con que el eje de las x se hallase dos o tres centímetros más bajo para que las ordenadas de la integral, de valores incesantemente crecientes, llegaran al final a tener desmesuradas longitudes.

Muchas veces será acaso mejor paliativo que el reducir la escala suponer cambiado el eje X .

Así, en el caso acabado de citar de hallarse el eje de las x muy por debajo del que se halla dibujado en la figura 1.^a la curva que se desee integrar es, representando por y , sus ordenadas con relación a ese eje alejado:

$$y = f(x)$$

pero si se traza el $o X$ que corta a la curva y representamos por y_0 la distancia entre ambos ejes y por y_1 las ordenadas de $A B C$ con el nuevo sistema, que es el $Y O X$ de la figura, como:

$$y = y_1 + y_0$$

integrando ambos miembros, claro es que entre los mismos límites, que se dejan indeterminados:

$$\int y = \int y_1 + \int y_0$$

la integral de y_1 entre $x = o$ y $x = o g$ es la curva que aparece en la

figura, la de y , o sea la de oX paralela al otro eje dado es una recta inclinada, que podrá representarse arrancando de o y fácilmente se determina y dibuja, y la integral buscada se podrá obtener numéricamente para los valores de x que se desee sin más que agregar a las ordenadas correspondientes de $o i h$ las de la recta inclinada.


Parece que este intégrafo habría de dar resultados suficientemente precisos y acaso no ofrecerá desventaja su empleo; pero, no se insiste más acerca de esto por existir ya otros aparatos que realizan el mismo fin.

Como, en definitiva, las variables longitudes del vástago RL marcan los valores sucesivos que la integración va tomando, bastaría con apreciar esas longitudes, por medio de una graduación de ese vástago y un nonio, cuya lectura daría los resultados finales sucesivos de la integración y con tan sencillo expediente queda el intégrafo convertido en integrador o planímetro.

Y mucho mejor que ese recurso sería disponer un mecanismo en el que los giros de la palanca, por medio de engranajes convenientemente dispuestos, actuará sobre un numerador análogo al usado en muchos otros planímetros.

El que de ese modo se obtuviera, aunque preciso, sería desde luego de manejo mucho más pesado que otros aparatos similares, aunque, para ganar tiempo, se dispusieran los mecanismos de modo que estimara una de las ordenadas marchando el carretón $FGHI$ en un sentido y la inmediata en el opuesto y, por tal motivo, no parece bien detenerse en especificar cuáles pudieran ser los mecanismos, sencillos y fáciles de idear, que convirtieran el diferenciador en planímetro.

Llega tarde este planímetro, puesto que ya existen varios suficientemente precisos, de rápido y fácil manejo y en este mundo y acaso también en el otro, suele ser de capital y decisiva importancia llegar o no a tiempo.



ÍNDICE

	Págs.
Introducción.....	5
1 Principio fundamental de un diferenciador.....	15
2 Expresión de las áreas cuando abscisas y ordenadas representan cantidades homogéneas.....	16
3 Expresión de las áreas cuando abscisas y ordenadas representan cantidades heterogéneas.....	18
4 Obtención de la curva integral de una curva dada.....	20
5 Obtención de la curva diferencial de una curva dada.....	20
6 Precisión de los métodos expuestos. Cálculo de una senoide y de su diferencial.....	21
7 Integración de la cosenoide.....	22
8 Diferenciación de la senoide.....	23
9 Factores de integración y de diferenciación.....	25
10 Reglas prácticas para integrar y diferenciar curvas planas.....	26
11 Consideraciones y ejemplos acerca de los factores de integración y diferenciación.....	27
12 Determinación de los valores de la curva integral y de la diferencial en puntos dados.....	35
13 Casos en que las ordenadas cortan a las curvas con mucha oblicuidad....	36
14 Observaciones acerca de los métodos prácticos propuestos para integrar y diferenciar. Estudio de los errores.....	33
15 Descripción del diferenciador.....	59
16 Uso del diferenciador para trazar curvas diferenciales.....	62
17 Aplicación del diferenciador al cálculo de diferenciales.....	66
18 Empleo del diferenciador para medir coordenadas.....	68
19 Modificaciones del diferenciador para que sirva como integrador o como integrador.....	68



**ESCUELA PRÁCTICA DEL 1.º REGIMIENTO DE ZAPADORES MINADORES
EN 1916**

ESCUELA PRÁCTICA

DEL

1.^{ER} REGIMIENTO DE ZAPADORES MINADORES

EN 1916



MADRID

IMPRESA DEL «MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJERCITO»

1917



El 20 de octubre próximo pasado, cerró sus trabajos de Escuela Práctica anual, correspondiente al año 1916, el primer Regimiento de Zapadores Minadores.

Honraron con su asistencia al acto final, en el campo de Guadalupe, sobre Puenterrabía, S. A. R. el Infante D. Fernando a quien acompañaban los Excmos. Señores Capitán General de la Región, Marqués de Valtierra y General Gobernador Militar de San Sebastián, Marqués de Prado Alegre, quienes después de examinar detenidamente todos los trabajos en su extenso perímetro y presenciar las voladuras de torpedos marítimos y fluviales, trincheras explosivas, fogatas, voladuras de puentes y explosiones de hornillos de mina terminales de galerías de aproche, tuvieron al despedirse frases de elogio y de complacencia para todos los que en aquellos trabajos tomaron parte, significándolo expresamente al Coronel para que llegara a conocimiento de sus subordinados. Antes de este día, S. M. el Rey (q. D. g.), se dignó expresar al Jefe del Regimiento su sentimiento por no haber podido visitar y examinar los trabajos apuntados, de los cuales tenía noticia exacta, por las descripciones que de ellos le había hecho su Ayudante de órdenes el señor coronel Echagüe, que los había visitado detenidamente.


Al publicar en nuestro MEMORIAL la reseña de aquellos trabajos, no nos guía otro móvil que el dar a conocer a nuestros compañeros la orientación y norma que se han seguido para su desarrollo, pues nada nuevo ni que no conozcan perfectamente de la materia, pretendemos señalar.

La circunstancia de disponer de un campo de escuela práctica que pudiéramos calificar de ideal por sus condiciones topográficas, de aisla-

miento, extensión superficial, proximidad al fuerte de Nuestra Señora de Guadalupe y zona en que se halla, determinan la posibilidad de prestarse mejor que otros de que disponen los demás Regimientos de Zapadores Minadores a supuestos tácticos realizables y donde prácticamente pueden aplicarse los conocimientos de los Oficiales, sus iniciativas y aptitudes para adoptar las disposiciones, formas y aquellas relaciones de unidad táctica que han de presidir a la ejecución de trabajos que en lo puramente material nada enseñan al Oficial de Ingenieros, siendo aquél el verdadero aspecto en que se han de considerar y hacia el que ha de atenderse con preferencia en las Escuelas Prácticas de conjunto, y así sólo cabe realizar aplicaciones que puedan parangonarse con las de los supuestos tácticos de aplicación de la fortificación de campo de batalla, por las tropas de Ingenieros, que se estudian en publicaciones debidas a Oficiales franceses y alemanes.

Esto expuesto damos a continuación, copiándolo, según ha sido redactado por los diferentes Capitanes encargados de los respectivos trabajos, la relación sucinta de los mismos, en todo su desarrollo o ciclo completo.

MANUEL DE LAS RIVAS.



FORTIFICACION

1.—Instrucción de reclutas.—Criterio que puede guiar al instructor.—Simultaneidad de las instrucciones táctica y técnica; importancia de esta última para el soldado.—Conocimientos que comprende.—Dificultades con que se tropieza al desarrollarla.—Escasez de oficios.

La importancia que en las campañas actuales se concede a la iniciativa y acción independiente del soldado, lo complejo de los cometidos que ha de desempeñar y el escaso número de días que puede dedicarse a su instrucción, dificultan de un modo considerable la misión de los Oficiales encargados de proporcionársela. Para afrontar problema tan dificultoso, quien haya de resolverlo, deberá obrar como si continuamente estuviera ya el ejército empeñado en una campaña y que el contingente que se prepara hubiera de incorporarse, terminada la instrucción, a las fuerzas que se encuentran en operaciones. Haciendo esta composición de lugar, llegará a discernir, claramente, lo verdaderamente útil y de inmediata aplicación, de lo superfluo o de lo que es mera forma exterior y logrará infundir en el recluta, a la vez que los conocimientos necesarios, las cualidades morales que integran al soldado.

Por lo que se refiere al primer Regimiento de Zapadores Minadores, se ha tratado de llevar la instrucción en tal forma, que, a la vez que el recluta adquiría los primeros conocimientos de la instrucción de orden cerrado, se le iniciaba en los técnicos elementales, haciéndole notar, el mucho empleo que de dichos conocimientos tendrá que hacer en una campaña e inculcando en su ánimo el fruto que de su labor sacarán sus compañeros de otras armas, en las diversas situaciones de un combate.

Estos conocimientos, en lo que se refiere a fortificación, se limitaban al del material reglamentario de las cuatro primeras cargas, reservando el de las restantes únicamente para los reclutas cuyos oficios les hicieran aptos para manejar la herramienta de las mismas, y ejercitando a todos en la carga y descarga del material.

Al llegar a la instrucción de orden abierto, se procuró hacer ver a los reclutas lo importante que siempre es para el soldado de zapadores esta parte de la instrucción, pues aun cuando su intervención en el fuego ha de ser un caso muy excepcional, necesita, para el desempeño de sus cometidos, moverse en el mismo terreno en que operan las otras armas y se verá expuesto a los mismos peligros y contingencias que éstas. En tal

sentido, creemos que el recluta de zapadores durante la instrucción de orden abierto, debe familiarizarse con el manejo de la herramienta de zapador.

Otras materias que deben ser objeto de la instrucción del recluta son: la ejecución de revestimientos, talas, confección del material de ramaje, construcción de elementos con sacos terreros, alambradas, etc.; pero dicho se está, que en esta enseñanza se tropieza en muchas ocasiones con la falta de medios y lugares adecuados.

En el Regimiento se ha podido desarrollar, de un modo elemental, esta parte de la instrucción, por tener un campo adecuado en las proximidades del fuerte de San Marcos, para talas, y otro en los terrenos anejos al cuartel, para lo que se refiere a los otros extremos de que antes hicimos mención. Muchos de estos ejercicios se simultanearon con la instrucción peculiar dada a las clases.

Para integrar la instrucción del recluta sería preciso perfeccionar los oficios de carpintero, herrero, albañil y minero y este último con mayor interés por los utilísimos servicios que prestan en la guerra de posiciones. El escaso tiempo de que se dispone, no permite enseñar ni perfeccionar los conocimientos propios de estos oficios, siendo preciso que los reclutas los posean a su incorporación en filas, y es de lamentar, por esta razón, el corto número de mozos con oficio que la recluta proporciona.

También parece que sería muy conveniente el llevar a la práctica la idea de que hubiese en cada compañía un cierto número de obreros aventajados de los distintos oficios, con lo que se facilitaría la instrucción y se sacaría más fruto del trabajo de los zapadores. Esta idea, con otras muy provechosas, parece ser que ha sido objeto de atención en el 2.º Regimiento de Zapadores Minadores, según nos manifestó el teniente coronel de dicho Regimiento D. Miguel Enrile, en una ocasión que honró con su visita nuestros trabajos de Escuela Práctica.

Creemos conveniente que forme parte de esta instrucción los ejercicios que lleva consigo la lucha en trincheras, consistentes en movimientos de tropas en el interior de los atrincheramientos, lanzamientos de granadas de mano, construcción y destrucción de barricadas, organización de trincheras tomadas al enemigo, etc., etc.

2.—Instrucción de clases.—Misión que se asigna a las clases.—Conocimientos necesarios para desempeñarla.—Marcha seguida en la instrucción.

Siendo las clases de tropa, y más especialmente los sargentos, el intermedio entre el Oficial que proyecta y la tropa que ejecuta, deben saber interpretar fielmente la idea del Oficial y, con arreglo a ella eje-

cutar por sí mismos, a la perfección, cualquier elemento de obra. Tratando de llegar a este ideal, en el Regimiento se ha procedido a la instrucción de las clases comenzando por unas ideas de Topografía y levantamientos sencillos, empleando los aparatos de los parques de Compañía y la pantómetra, enseñándoles la manera de llevar los registros y hacer las lecturas, pudiendo, de este modo, ser verdaderos auxiliares del Oficial en toda clase de trabajos y capaces, ellos mismos, de ejecutar y trasladar al papel los más sencillos (1).

También formó parte de esta enseñanza la medición con el eclímetro de alturas de edificios, determinación de pendientes, etc., etc.

A los que por sus aptitudes se prestaban a ello se les dió una clase especial de dibujo lineal y topográfico.

La instrucción continuó con el trazado sobre el terreno de trincheras, traveses, abrigos, comunicaciones, etc., estudio teórico de perfiles de los mismos elementos, orden que debe seguirse para la ejecución de todos los trabajos, distribución del personal y herramienta, simultaneando esta instrucción con la ejecución de las mismas obras.

Para facilitar esta enseñanza, que se dió en los terrenos anexos al cuartel, a que antes hicimos referencia, se proporcionó a cada sargento un ejemplar de apuntes hechos en el Regimiento.

Cuando ya estuvo avanzada esta instrucción, se pusieron temas sencillos a desarrollar por los mismos sargentos, dejando a su iniciativa los detalles referentes a formas, número de hombres y herramientas, etc. Por ejemplo: se encargaba a un sargento del trazado o del trazado y ejecución de un abrigo en caverna para una sección, o de un emplazamiento para cuatro ametralladoras, o de un atrincheramiento para tantos hombres con traveses y abrigos, dejando a su criterio el fijar longitudes, espesores y demás detalles de organización.

Al final de cada día se hacía que cada sargento explicara a los demás, a presencia del Oficial, la obra que había trazado y dirigido y las razones de las determinaciones tomadas en la misma. Estas obras quedaban, como es natural, iniciadas, terminándose únicamente aquéllas que presentaban mayor interés o dificultad.

En cuanto a los trabajos de zapa no pudieron ser enseñados en la instrucción de clases por falta de tiempo, pero en la Escuela Práctica, algunos de los sargentos recibieron esta enseñanza, así como la referente a

(1) Las plantas y perfiles que acompañan a esta parte del artículo, han sido hechos por los mismos sargentos a cuyo cargo estuvo la ejecución de cada uno de los elementos de obra que formaban parte de los trabajos de Escuela Práctica del presente año.

la confección de blindajes de hormigón si bien esta última resultó muy incompleta por los pocos sargentos que pudieron recibirla y la escasez de elementos.

Formó parte de la instrucción de clases la construcción de todo género de defensas accesorias, dirección y ejecución de revestimientos y material de ramaje, etc.

Los cabos asistían a estas instrucciones, auxiliando y vigilando el trabajo de la tropa; en esta forma se iban imponiendo en las cuestiones que servían de base a la instrucción de los sargentos.

Las clases pusieron, en general, gran interés durante el desarrollo de estos ejercicios, y como resultado obtenido, se vió, al llegar la Escuela Práctica, que se había logrado ponerles en camino de servir de verdaderos auxiliares de los Oficiales, no necesitando éstos emplear todo el tiempo en vigilar la marcha del trabajo y la ejecución de detalles, permitiéndoles esta circunstancia, emplear buena parte de él en cometidos de mayor interés. Creemos que, continuando en marcha progresiva esta instrucción en los años venideros, puede llegarse al ideal a que se aspira.

TEMA DE LA ESCUELA PRACTICA

Estudios previos y preparación del tema de Escuela Práctica.—Supuesto táctico.—Estudio técnico de las posiciones.—Primer grupo de obras.—Subsector «A».—Posición «C».—Posición «B».—Subsector «Arzú».—Segundo grupo de obras.—Trabajos de contraataque.—Posiciones artilleras.

Al reunirse los Oficiales para hacer los estudios que habían de servir de base a la preparación de temas a desarrollar durante la Escuela Práctica, se sirvieron de los textos, conocidos con anterioridad a la campaña actual, lamentando que no haya llegado a nuestro conocimiento, noticia alguna que procediendo de fuente autorizada, proporcionase nuevas enseñanzas que sobre puntos esenciales pudieran deducirse de los hechos que en la actualidad se desarrollan. Solamente se han conseguido algunos datos referentes a detalles de organización, de los que se ha hecho empleo en algunos de nuestros trabajos, que más adelante daremos a conocer.

Para la preparación del tema de Escuela Práctica, se comenzó por repasar los temas estudiados y la parte de ellos ejecutada el año anterior y, dentro del plan general de conjunto, se estudiaron nuevos temas ya más en detalle dando preferencia de tiempo al que desde luego se pensó ejecutar en el presente año y, dentro de él, se concedió la prioridad a las obras que hubieran de ser ejecutadas por las tropas técnicas, si bien se llevaron a cabo las que lo hubieran sido por las tropas de Infantería, con el fin de completar el conjunto y facilitar la comprensión.

No es nuestro objeto al resolver un tema dar con la receta para vencer en el terreno donde se desarrolla, ni pretendemos que nuestras disposiciones sean tales, que den al traste con todas las iniciativas y agudezas de ingenio del enemigo. Hemos hecho una de las mil hipótesis lógicas que pudieran hacerse con respecto a su acción y se ha procedido con arreglo a ella.

Refiriéndonos a la figura 1 supondremos que el enemigo tratara de efectuar un desembarco de pequeñas fracciones en la bahía de Portomoco y que núcleos de mayor importancia, desembarcados al Este de cabo Higuer, trataran de correrse en dirección Oeste con el fin de rebasar el fuerte de Guadalupe. Al general X se le encarga con cuatro batallones de Infantería y una compañía de Ingenieros de ocupar sólidamente las

posiciones comprendidas entre el fuerte y la bahía de Portomoco para contrarrestar el ataque en tal dirección. Este Jefe reparte sus fuerzas en tres subsectores cuyos centros principales son: «Garaicoechea», la «posición A» y «Arzú», asignándoles respectivamente, dos batallones, dos compañías y otras dos compañías, dejando en reserva de sector un batallón, que no afectará a Garaicoechea por la independencia con que deben obrar las fuerzas en este punto, atacable de frente y flanco, por lo que se le atribuyen fuerzas suficientes para disponer de una reserva propia y ejecutar violentos contraataques ya que la forma del terreno y la importancia de este punto así lo exigen (1).

Para el estudio técnico se encarga cada Oficial de la compañía de Ingenieros de un subsector. En este trabajo no damos cuenta total de los resultados de los citados estudios, sino que nos limitamos a exponer las obras consecuencia de los mismos, cuya ejecución era posible por caer dentro del terreno de Escuela Práctica y de las que una gran parte se llevó a cabo. Los trabajos hechos este año en Escuela Práctica pueden dividirse en dos grupos:

1.º Ejecución de dichas obras que comprenden la organización *á priori* de las segundas posiciones del subsector «A» y parte de las segundas del subsector «Arzú».

2.º Suponiendo ya al enemigo en las primeras posiciones de los mismos subsectores, ejecución, bajo su acción, de los trabajos necesarios para contraatacar la posición «A» (primera del subsector del mismo nombre) (2).

Primer grupo de obras.—Subsector «A».—Posición «C». (Véanse el cuadro núm. 1 de la página 16 y las figuras 1 y 2)—El Oficial, al considerar ocupada la posición «A» por el enemigo, tratará de buscar, a distancia eficaz de fuego, una segunda línea de trincheras que, ocupada por los refuerzos y situada en lo posible en contrapendiente para mejor escapar a los efectos de la Artillería, bata con tiro eficaz de fusiles y ametralladoras la posición «A» y el terreno que media entre ésta y las nuevas trincheras. Por la forma del terreno no se encuentra posición de fuego en las contrapendientes ni en las partes bajas, por lo que ha habido necesidad de ocupar la posición «C» que bate en glacis el terreno anterior a ella, el fondo del barranco «A» y la posición «A» ocupada por el enemigo; lo que se consigue con los abrigos activos que bordean la

(1) Garaicoechea es en realidad el punto de unión de este sector con el que se extendería por la falda S. E. del Jaizquível. El estudio de Garaicoechea ha sido en tal concepto, objeto de temas no ejecutados este año, porque se desarrollaban en terrenos de propiedad particular.

(2) La posición «A» fué organizada el año pasado.

loma y trincheras sin parapeto unidas por comunicaciones desenfiladas. En la figura 2 vienen indicados estos elementos por (1) y (2), (2'), (5) y (6). El completo de esta posición lleva consigo la construcción de abrigos en caverna para la fracción destinada a ocuparla, así como otras dependencias.

Posición «B».—La parte Oeste de la posición «A» no puede batirse en buenas condiciones, más que desde la loma «B», la cual tiene acción sobre el barranco «A» y sobre la falda Oeste de la loma «C».

La posición «B» se ha organizado con elementos discontinuos de trinchera, capaces cada uno para media sección de Infantería y una sección de ametralladoras para cuyo emplazamiento (16) de la figura 2, se aprovecharon dos a modo de cuevas naturales que existían en el lugar elegido.

En comunicación con los atrincheramientos para las medias secciones de Infantería, se organizaron abrigos en caverna (11) para estas medias secciones, y más a retaguardia abrigos blindados (12) que se suponen hechos antes que los primeros, para poder tener la tropa a cubierto enquanto que quedaban terminados los definitivos, cuya construcción es desde luego mucho más lenta, tanto más, cuanto que fueron hechos en su totalidad en terreno de roca. En las figuras 3, 4, 5, 6 y 7 pueden verse las plantas y cortes de estos abrigos cavernas. El conjunto se completó con todos los detalles que son sabidos, como puestos de mando y de curación, observatorios con periscopio, etc., y todos los elementos se hallaban convenientemente unidos por comunicaciones desenfiladas, procurando hacer con mucho esmero la disimulación de los trabajos en lo que se refiere a la observación directa y aérea.

Como la posición «B» no bate el barranco «B» ni su propia ladera, para contener al enemigo que alcanzase el pie de ésta, se eligen los emplazamientos de ametralladoras *a* y *b*, los que se consideran muy adecuados para el objeto, poniendo además línea de fuego en las comunicaciones 19 y *d* de esta obra con la posición principal «B». Los emplazamientos *a* y *b* han sido elegidos en condiciones tales, que batan el glacis Oeste de la posición «C» hasta el barranco «A», quedando muy bien desenfilados de la posición «A» por fuertes escarpados de roca. Para organizar los blindajes de estos puestos de ametralladoras, parece indicado el empleo del hormigón armado. Delante de la posición «B» se establecieron alambradas que además de quedar bien batidas por los fuegos propios, estaban desenfiladas de las posiciones enemigas (1).

(1) En la figura, siguiendo el mismo criterio que al representar las demás obras, sólo aparece la pequeña parte de alambrada ejecutada.

No entramos en detalles de descripción de las obras, por ser de todos conocidos, y para no alargar, inútilmente, nuestro modesto trabajo. (Consultense los cuadros 1, 2 y 3 de las páginas 16, 17 y 18 respectivamente.)

Subsector «Arzú». (Véanse la figura 1 y el cuadro núm. 2.)—Las segundas posiciones que se proyectaron de este subsector, fueron: una batería de ametralladoras en (24), que tenía por objeto barrear el barranco *I*; una serie de puestos de tiradores (*i, i, i...*) a lo largo de la «loma del observatorio»; una obra para cañones de pequeño calibre de tiro rápido e Infantería en *f*, para impedir el desembarco de los pequeños núcleos de que hicimos mención al exponer el tema y un emplazamiento para cuatro ametralladoras en la cantera *g*, con el mismo objetivo que la obra anterior. De todas las obras de este subsector, sólo hubo tiempo de hacer las ametralladoras (24), cuya planta y perfil se pueden ver en las figuras 8 y 9.

En todo el estudio que antecede, se ha tenido en cuenta la acción que el fuerte de Guadalupe ejerce sobre el terreno exterior, cuya acción favorece y apoya las reacciones ofensivas y en general todo movimiento propio, estorbando los del contrario.

Segundo grupo de obras. Trabajos de contraataque. (Véanse las figuras 1 y 2 y el cuadro núm. 3.)—Para contraatacar la posición «A» se ha supuesto que se avanza a la zapa hasta la distancia conveniente para luego continuar con dos galerías de mina (véase la parte de este trabajo correspondiente a minas). Los dos embudos producidos por la explosión de los hornillos se suponen coronados por las tropas destinadas al asalto, que los organizan rápidamente.

Los trabajos de zapa partían de la posición «B», no llevándose por el fondo del barranco «B», como pudiera parecer conveniente a primera vista, porque estarían batidos desde la posición «A», lo que no ocurre con el trazado elegido.

En el cuadro se detallan las particularidades de los diferentes trozos de la zapa.


Al llegar (fig. 2) al punto III, final del trozo II-III, pudiera parecer también por la forma del terreno, que la zapa debiera continuar por el barranco «A», pero no se ha hecho así, porque este barranco está enfilado desde la parte Este de la posición «A». Téngase en cuenta que las posiciones «B» y «C» y las obras de ametralladoras *a, b* y (24) prestan, en la forma en que se llevan los trabajos, apoyo a los mismos, batiendo el terreno anterior y de flanco de las zapas. Claro está que para el completo de estos trabajos hubiera sido necesaria la organización de abrigos, puestos de curación, depósitos de herramienta y materiales, repuesto de municiones, etc.

Posiciones artilleras (fig. 1).—El estudio de estas posiciones se hizo con mucho detenimiento, fijándose las zonas de bosque y alrededores de la casa de Justiz para el emplazamiento de baterías de Artillería pesada de campaña, y se estudiaron los emplazamientos de los repuestos de batería y de sector y las comunicaciones precisas para el municionamiento y movilidad de las baterías, que llevaban consigo la construcción de algunos pequeños puentes. Aun suponiendo que se hubiera dispuesto de elementos y materiales, ninguna de estas obras hubiera podido llevarse a la práctica por estar situadas en terrenos de propiedad particular.

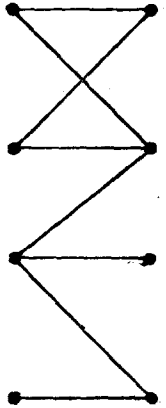
Habiéndose hecho la mayor parte de los trabajos de Escuela Práctica en roca y terrenos duros se sintió la falta de máquinas perforadoras, pues los útiles ordinarios, aun empleando el expediente de los explosivos, retardan el trabajo de una manera considerable; como dato comprobado, podemos indicar que el avance de una galería de $1,90 \times 1,80$ metros de sección, para abrigos cavernas, fué en algunos de los días, de solo 0,50 metros en siete horas de trabajo.

El total de explosivo gastado en barrenos, fué de 120 kilogramos de dinamita.

CUADRO NÚM. 1.—SEGUNDAS POSICIONES DEL SUBSECTOR «A»

Puntos que es preciso batir		Puntos desde donde se batén.	Detalle de las obras que comprenden las posiciones (fig. 2).
Cresta de la posición A.....		Posición C.....	Atrincheramientos para dos secciones. Dos abrigos activos a flor de tierra (1 y 2). Dos elementos de trinchera con parapeto aspillerado para mejor batir el terreno inmediato (3). Puestos de mando (8). Puesto de centinela (4). Abrigos caverna para la guarnición (no se llegaron a ejecutar). Comunicación con ametralladoras (5). Comunicaciones con la posición B, ejecutadas en parte (6). La disimulación fué hecha con mucho esmero, pues desde lomas algo distantes hubiera podido divisarse parte de la obra. El terreno muy duro (filones de roca arenisca alternados con capas delgadas de arena).
		Posición B.....	Atrincheramiento sin parapeto, para dos secciones, divididos en elementos para media sección; los más bajos que la cresta (7) sumamente estrechos y sinuosos sin traveses (innecesarios por el trazado) en parte formando abrigos activos; los otros (8) con traveses, perfil reforzado, todos unidos entre sí por galerías o comunicaciones profundas, capaces de admitir línea de fuego (9). Puestos de mando (10) abrigos cavernas (11). Abrigos blindados (12) bien desenfilados. Un abrigo de Oficiales (13) hecho aprovechando una pequeña cantera. Comunicaciones muy profundas a veces en galería, entre los abrigos y líneas de fuego (14). Una comunicación, (15) que uniendo los abrigos sirve de comunicación de mando y para contener el avance del ataque enemigo. Sección de ametralladoras (16) con blindajes a prueba de cañón de 7,5 asomando apenas las aspilleras por la ladera de la loma. Comunicación con las trincheras por pozo y galería, (17). Abrigo caverna para sirvientes (no ejecutado). Puesto de mando con periscopio (18). Disimulación muy esmerada de toda la posición.
Fondo del barranco de retaguardia A.		Ametralladoras a (junto a posición C).....	En huecos de las rocas desenfiladas de A. Cubiertas blindadas. Comunicaciones en galería. Puesto de mando. Abrigo caverna (no ejecutado).
Glacis. — Flanco Oeste de C.....		Ametralladoras b.	Desenfiladas de A por una roca. Cubiertas con planchas de hormigón armado transportables. Comunicadas con trinchera cubierta con línea de fuego (19) cuyo trazado en cremallera ha respondido a una dirección general.
Barranco y ladera anterior a loma B.		Comunicación d..	Una posición B con ametralladoras b y fondo del barranco. Existe un puesto de curación inmediato (20).

CUADRO NÚM. 2—SEGUNDAS POSICIONES DEL SUBSECTOR DE ARZÚ

Puntos que es preciso batir.		Puntos desde donde se batén.	Detalle de las obras que comprenden las posiciones (fig. 1).
Barranco I y ladera I.....		Ametralladoras 24.....	Ametralladoras a media ladera con blindajes formados por una losa de hormigón armado, una capa gruesa de piedras y otra capa de tierra apisonada.—Puesto de mando y comunicación en galería con la retaguardia de la loma (figura 1. ^a plano núm. 2).—La disimulación se hizo con mucho esmero.
Ladera de Arzú terreno comprendido entre Arzú y A. y ladera Oeste de A.....		Puestos i, i.....	Pequeños puestos, para Infantería, para ser ocupados por dos secciones en su totalidad con abrigos a retaguardia bien desenfilados, en la pendiente rápida de la loma.
Ensenada de Arzú.....		Obras f.....	Casamatas de hormigón para piezas de Artillería de pequeño calibre.—Atrincheramiento para media sección de Infantería.—Repuestos de municiones y abrigos en caverna.—Comunicaciones con g.—Puestos de mando.
Barrancos G...		Obras g.....	Cuatro ametralladoras ocupando para su emplazamiento una cantera.—Atrincheramiento para media sección.—Abrigos en el escarpado de la cantera.—Arreglo del camino para facilitar el municionamiento y la retirada hacia h.—Esta obra lleva como complemento la destrucción del caserío del molino de Arzú y chapeo de maleza para despejar el fondo del barranco.

NOTA.—La ensenada de Arzú se supone barreada por líneas de torpedos, (vease la parte de esta Memoria referente a minas).

CUADRO NÚM. 3.—TRABAJOS DE ZAPA (fig. 2).

TROZO I—II....	Se supone hecho de noche por la dificultad de ocultar los trabajos.—Terreno encharcado.—Se ha procurado plegarse al pie de las rocas desenfilándose y facilitando el trabajo. Tiene línea de fuegos sobre el barranco B.—Está hecho con parapeto de sacos terreros y material de ramaje, habiéndose practicado frecuentes desagües para dar paso a las aguas subterráneas.—Este trozo se procuró disimularlo.
TROZO II—III...	Se hizo aprovechando la única faja de terreno, desenfilado de la posición A.—Se hizo a la zapa volante durante el día.—Se comenzaron los trabajos obligando a los hombres a efectuarlos cuerpo a tierra y con el saco terrero individual.—Único trozo de todos los trabajos donde había terreno blando.—Puestos de vigilancia a vanguardia de la zapa (21).
TROZO III—IV..	Trabajos que suponemos hechos durante la noche.—Parapetos altos y empleo de material de ramaje por abundancia de agua en este terreno.—Zapa con línea de fuegos.
TROZO IV—V...	Trabajos hechos de noche y a la zapa llena.—Cada paralela bate a la de vanguardia.—Líneas de fuegos en las comunicaciones donde el terreno lo exige.—Baterías de ametralladoras en (22) para contrarrestar los ataques envolventes por el flanco izquierdo.—Estas ametralladoras estaban a cielo abierto y tenían un amplio sector de tiro.—Desde la última paralela arrancaban las dos galerías de mina (23). En (25) se representa el observatorio de minas blindado.

MINAS

Ejercicios de programa.

Supeditáronse los trabajos de la «Escuela práctica de minas» al objetivo táctico perseguido por los de fortificación, para que respondiendo ambos a un mismo fin, ofreciera el conjunto mayor interés técnico que si aquéllos se hubieran desarrollado sin el enlace de un supuesto único.

Galerías de mina.

El avance en galería, como continuación de los trabajos de aproche, para lograr con los embudos que se produjeron no sólo una ofensa directa al enemigo situado en la loma «A» sino un nuevo punto de situación (creado por el coronamiento de los embudos) para proseguir la contraofensiva, se hizo desde *I* y *D* (fig. 12) (*M* y *M* en la figura 1). Estas dos galerías, cuyas bocas se distanciaron 41 metros, reduciéndose después a 34 la separación entre las cámaras de mina, tenían un desarrollo de 41 la *I* y de 51 la *D* y una sección de $2 \times 1,20$ metros, excepto los cuatro últimos metros de la primera y los diez últimos de la segunda que eran de 2×1 . Las figuras 13, 14, 15 y 16 muestran los desarrollos verticales de ambas galerías y sus trazados. En éstos se ven los cambios de dirección: uno solo de 150° en la *I* y dos rectangulares en la *D*. El único de la primera fué motivado para aumentar la resistencia del ataque, siendo oblicua la desviación a fin de ganar terreno, para que el embudo tuviera buen emplazamiento y frente despejado. El primero de la *D* se debió a haber encontrado unas salidas de agua que dificultaban mucho el avance, por lo cual después de haber hecho un revestimiento de mampuestos tomados y enlucidos con cemento, se recodó la galería, y ya evitado el inconveniente se prosiguió el avance con un nuevo recodo consiguiendo también con ambos favorecer la resistencia del ataque. Las pendientes medias eran de un 10,60 por 100 en la galería *I* y de un 2 por 100 en la *D*, siendo debida la gran diferencia entre ambas a la forma del terreno y a haber partido las excavaciones de una misma curva de nivel. Las cámaras de mina tenían un volumen de $1 \times 1 \times 1,50$ metros.

La excavación de cada galería se hizo por medio de una cuadrilla de tres mineros de los cuales uno picaba, otro descansaba y el tercero permanecía al lado del primero para echar hacia atrás las tierras de la exca-

vacación, las cuales con cestos y carretillas eran transportadas al exterior por una cuadrilla, variable en número, que formaba hormiguero. El relevo entre los minadores de la cuadrilla de excavación se hacía cada veinte minutos. Un sargento y un cabo por galería vigilaban todas las operaciones.

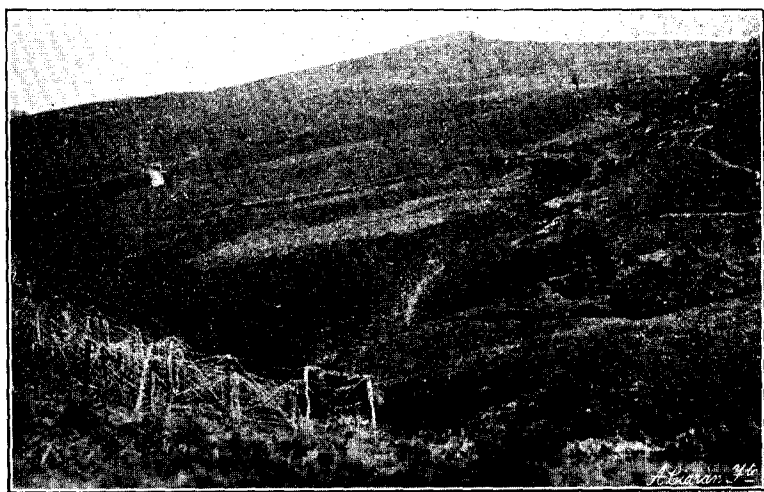
El terreno de ambas galerías, si bien de consistencia variable, era generalmente de arenisca en la parte inferior de aquéllas y arcilloso compacto en la superior, pero de todos modos sólo hubo necesidad de emplear dos barrenos cuando en la galería *I* se llevaban 15 metros de excavación. La humedad era abundante en ambas galerías hasta el extremo de haber sido preciso abrir en la *D* tres pequeños pozos para la recogida de aguas de 0,60 metros de profundidad, los cuales era preciso vaciar frecuentemente. Por no disponer de bombas ventiladoras y haciéndose difícil la respiración en ambas galerías desde los 20 metros, se practicaron dos pozos (figs. 13, 14, 15 y 16) a la distancia de 23 metros de la boca de la galería el de la *I* y a la de 27 el de la *D*. La sección de ambos, aproximadamente cuadrada, era de 0,64 metros cuadrados y las profundidades hasta el cielo de dichas galerías, de 4,50 y 5,20 respectivamente. Los expresados pozos se utilizaron para sacar las tierras de las excavaciones e introducir el material para el atraque, acortando así el recorrido y por lo tanto el número de hombres de las cuadrillas de transporte. El tiempo medio invertido por metro de excavación de galería fué de dos horas cuarenta minutos; esta rapidez logrose, no obstante la gran longitud de galerías y de las dificultades encontradas (que en la galería *D* no fueron despreciables), no sólo por haber utilizado los servicios de excelentes minadores, sino por haberse establecido espontáneamente una sana competencia entre las cuadrillas que trabajaron en ambas galerías.

Se hizo la entibación de éstas con marcos de la forma y dimensiones corrientes (fig. 17) (las de las piezas eran de 0,64 m.²), espaciados a 1 metro de eje a eje generalmente. Los tablonos se colocaron únicamente sobre las cumbreras, exceptuando tres marcos de la galería *I* entre los cuales fué preciso colocar, además, unos tablonos en los flancos por haberse notado ligeros desprendimientos.

En la operación de ajustar cada marco en las galerías (hecha por los dos carpinteros que los preparaban) se invertían unos veinticinco minutos.

Las cargas se calcularon para producir embudos de 17 metros de diámetro, correspondiendo, por lo tanto, a la l. m. r. de 5,60 un índice de recargo próximo a 1,50 y habiendo asignado al coeficiente del terreno un valor igual también a 1,50, resultó cada una de aquéllas próxima a 700 kilogramos como se deduce de la fórmula $C = g h^3 (\sqrt{1 + n^2} - 0,41^3)$

en la cual las letras tienen la significación conocida. Se colocaron las cargas de pólvora en unos toneles, seis por mina, cuyo diámetro en la máxima sección recta era de 50 centímetros. Dichos recipientes se calafatearon cuidadosamente con dos manos de *galipot* y sus tapones fueron recubiertos con pegotes de mastic. El conjunto de los seis barriles, en cada mina, aumentado con tres latas de petróleo que llenaban algunos huecos entre aquéllos, era suficiente para contener cerca de los 700 kilogramos calculados; los barriles se colocaron según detallada la figura 18, en la cual se indica además el enlace establecido entre ellos por medio de la mecha detonante. Como se ve los dos cebos de cantidad se alojaban en dos toneles y todos éstos recibían el extremo de un trozo de mecha detonante con su cápsula; de los otros seis extremos, también provistos de cápsulas multiplicadoras, uno era encajado en el orificio de un petardo



Vista del campo de Escuela Práctica, tomada desde un flanco.

de trilita de 200 gramos y los otros cinco se ataban alrededor de este cartucho al que se le había practicado otro orificio para recibir el extremo de la mecha detonante dispuesta como medio de inflamación de reserva. El cable y la mecha detonante al salir de la cámara de mina se alojaban en un tubo protector de plomo de 12 milímetros de diámetro interior y de la longitud necesaria para sobresalir un metro del atraque. Por la dificultad de introducir la mecha y cable en trozos del tubo de gran longitud, se dividió éste en secciones de 5 metros, haciendo las uniones por medio de unos pequeños manguitos que eran pedazos del

mismo tubo, los que después de abiertos por una generatriz y ensanchados recibían los extremos a empalmar y se cerraban sobre ellos, quedando consolidado el conjunto por un trozo de arpillera embreada convenientemente atada. La mecha detonante tenía una longitud poco mayor que la del tubo de plomo quedando, por lo tanto, los extremos de las de ambas galerías en el interior de éstas; a cada uno de aquéllos se empalmó un trozo de mecha lenta de 2 metros. En el exterior de las galerías los cables iban enterrados, teniendo los circuitos de ambas un hilo de vuelta común.

Una vez llenos con sacos terreros los huecos que en ambas cámaras quedaron después de colocadas las cargas y de tapiar aquéllas con las máscaras que detalla la figura 18 se empezó el atraque; éste casi en su totalidad era de tepes, empleándose tan sólo ligeras capas de tierra para enlazar las de aquéllos. A medida que avanzaba el atraque se iban retirando los marcos. Se aumentó la resistencia de los atraques intercalando cinco barricadas por galería a las distancias detalladas en los planos. La última barricada de cada galería (en la *I* terminaba el atraque y a la de la *D* seguía un metro de éste) era tan robusta como la máscara de la cámara; las otras cuatro parecidas en organización a ésta aunque algo más débiles. Además, el atraque se hacía por masas de metro lineal y concluida cada una de ellas se introducían en el bloc de tepes, a fuerza de golpes, algunos trozos de rollizos de 30 a 40 cm. de longitud para acuñar fuertemente el conjunto contra las paredes de las galerías. En la figura 15 se ve el aprovechamiento de los recodos para el apuntalamiento de las barricadas contra las paredes opuestas. Las longitudes de atraque en las galerías fueron: *galería I*, 20,50 metros de longitud total y 18,50 de longitud verdadera; *galería D*, 22 y 17 de longitudes total y verdadera, respectivamente. Se tardó en atracar la galería *I* treinta y seis horas, y la *D* treinta y nueve.

Como detalle se consigna que todas las operaciones de excavación, colocación de cargas, disposición de circuitos y atraques se hicieron con lámparas corrientes de carburo y faroles con velas. Los toneles se llenaron fuera de las galerías y su transporte por el interior de éstas se hizo con unas sencillas parihuelas.

Las cargas recibieron fuego simultáneamente, habiéndose producido los embudos cuyo corte se ve en la figura 19. Los diámetros de 17,75 y 17,25 metros de los embudos de las galerías *I* y *D*, respectivamente, no diferían mucho de los prefijados.

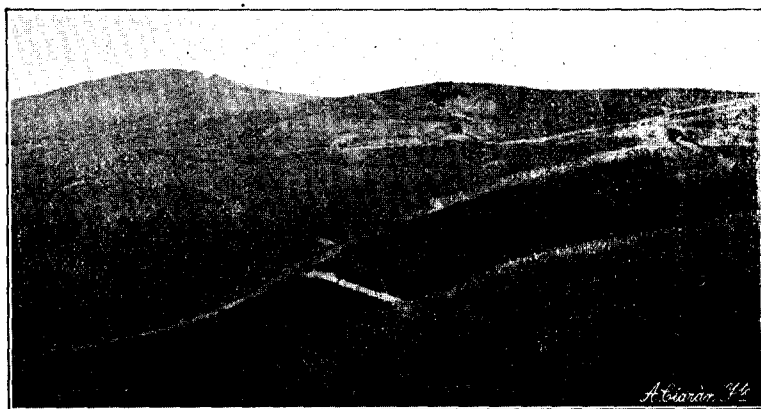
La distancia central entre los bordes de los embudos de 12 metros era próximamente la que se había señalado para que la sección que coronase éstos pudiera construir rápidamente una trinchera que enlazase

ambos, organizándose de esta manera una pequeña posición con la que se daba por terminada la primera fase de la reacción ofensiva.

Establecimiento de un campo minado.

Sin más objeto que el de no dejar indefensas ciertas depresiones del terreno ocultas a los fuegos de las ametralladoras de la extrema izquierda se establecieron dos líneas de minas de proyección: la primera de seis morteretes y la segunda, retrasada 90 metros de la anterior, de cinco fogatas rápidas y un morterete. Iniciado así un campo minado y con objeto de darle alguna más extensión, se practicó una fogata ordinaria a 150 metros de la segunda línea, batiendo una pequeña hoyada y, por último, una trinchera explosiva a 100 metros de la fogata.

De los seis morteretes de la primera línea, cinco de $1,10 \times 1,10$ (figu-



Vista de una parte del campo tomada desde la estación de fuegos, en la que se perciben las entradas de galerías de mina.

ra 20) distaban entre sí 20 metros y el último, más próximo a la posición fortificada y que medía $1,25 \times 1,25$ (fig. 20) distaba de la anterior 25 metros. Cada uno estaba cargado con 20 kilogramos de pólvora y para lograr la simultaneidad de explosión de todos ellos, además del enlace establecido por el circuito de seis cebos en serie, se unieron con trozos de mecha detonante. Tres hombres tardaban dos horas treinta minutos en dejar listo el morterete.

El de la segunda línea de $1,25 \times 1,25$, tenía igual carga que los anteriores.

Las cinco fogatas rápidas, del tipo corriente, eran capaces de lanzar 500 kilogramos de piedra a 150 metros. Aun cuando la carga de pólvora

correspondiente era de 10 kilogramos se elevó a 20, pues en primer lugar había que aprovechar tableros viejos, de espesores muy grandes y después para evitarse la construcción de cajas, se emplearon latas de petróleo que se llenaban con aquel peso de pólvora.

El tiempo invertido y cuadrilla por unidad, como en los casos anteriores. El enlace entre los elementos de esta línea se efectuaba de la doble manera ya indicada.

Los circuitos de la primera y segunda línea tenían un hilo de vuelta común. Recibieron fuego simultáneamente.

La fogata ordinaria, doblemente recargada, era de las dimensiones de la fogata tipo. Los 3 metros cúbicos de piedra debían ser lanzados a la máxima distancia (137 m.) La carga de pólvora, 39 kilogramos, se dispuso en dos latas de petróleo. Cinco hombres tardaron quince horas en practicar la fogata. Además del circuito con dos cebos de cantidad, un trozo de mecha lenta se dejó preparado como medio de inflamación de reserva.

Se abrieron 7 metros de trinchera explosiva. La carga de 35 kilogramos por metro, correspondía a un peso de 500 por metro y a una distancia de proyección de 100 metros. El tipo de trinchera (fig. 21) pertenecía a la de dos únicos planos: el de cabeza en contrapendiente a $\frac{6}{1}$ y el de fondo a $\frac{1}{4}$. Se alojó la pólvora en unos tubos de hoja de lata convenientemente tapados y embreados.

Para que la carga de pólvora estuviese en contacto con el tablero se enrasaron los tubos con tierra y tepes. Seis hombres invirtieron seis horas en abrir la trinchera. Se emplearon dos cebos de tensión en derivación.

Todos los circuitos establecidos iban enterrados. La trinchera y los morteretes y fogatas sufrieron abundante lluvia durante tres días, sin que se notase avería alguna.

Voladura de una pasadera de hierro.

Para figurar una reparación hecha en un puentecillo de mampostería, que se supuso anteriormente volado, se construyeron en *N* (figura 1) dos estribos de mampostería (fig. 22) donde descansaban tres viguetas de 3 metros de longitud y espaciadas a 45 centímetros para sostener un tablero. Dicha pasadera con un camino que se practicó en la parte de ladera inmediata a la extrema izquierda de la posición fortificada, facilitaba el paso desde esa parte (abrigo para una sección de ametralladoras) al campo minado, paralelas, galerías, etc.

Las cargas se colocaron a 25 centímetros de los apoyos, señalándose dos líneas de rotura. La cantidad de dinamita de 1.^a por sección de vi-

gueta ($120 \times 5,1$ mm. de alma y $60 \times 7,7$ espesor medio en mm. de cordón) fué de 400 gramos o sean 2.400 en total. En la vigueta central se prepararon las cargas para que detonasen por influencia. La rotura fué completa y las tres viguetas, que fueron lanzadas a alguna distancia, sufrieron grandes deformaciones. La figura 22 (planta) muestra la disposición de los circuitos en los que se emplearon dos cebos de tensión en derivación, mecha detonante, cápsulas del comercio del número 6 y un detonador completo, de reserva.

Dstrucción de una pasadera de madera (situada en P fig. 1).

Colocáronse las cargas de trilita en los puntos medios de los cordones inferiores de las vigas armadas que constituían el tramo central (fig. 23) por ser dichos puntos, nudos de gran número de elementos resistentes (viguetas, cables, alambres de las viguetas armadas inferiores, etc.) y en los dos pies derechos y cruce de los rollizos de arriostramiento de un caballete.

Se calcularon las cargas de trilita, colocadas en el tramo central, teniendo en cuenta que habían de romper un tablón de madera dura, de 20×10 de escuadria y un cable de 9 centímetros cuadrados de sección formado por hilos de hierro galvanizado, o sean 600 gramos de explosivo el cual había también de obrar sobre el nudo de alambres de la unión de las dos viguetas armadas. Cada pie derecho del apoyo (20×10) necesitaba 300 gramos de trilita y se colocó un petardo de 500 en el encuentro de la cruz de San Andrés. Carga total por consiguiente: 2×600 gramos + 2×300 gramos + 500 gramos = 2.300 gramos. No obstante haber acuñado las cargas entre los cables y los cordones del tramo central, no se rebajaron aquéllas (que eran suma de las necesarias para la rotura de cada uno de esos elementos) por la mala adaptación del explosivo a los cordones a causa de la unión de los alambres de las viguetas armadas. En la cruz de San Andrés se rebajó la carga de 600 a 500 gramos y aunque ésta era aún mayor que la necesaria para la rotura de cada una de las riostras, se determinó así por ajustarse el petardo número 4 al hueco entre ambos rollizos.

La figura 24 muestra la disposición de los circuitos. Se emplearon dos cebos de tensión en derivación pero, sin duda por ser viejos, su detonación no provocó la explosión de las cargas, limitándose a deshacer dos petardos de 100 gramos, y habiendo quedado, por ello, en malas condiciones el petardo donde se alojaba la cápsula del detonador completo (de reserva), hubo necesidad de emplear un cebo de cantidad que, aunque de no mucha confianza, determinó finalmente la explosión de todas las cargas, dejando a la pasadera inútil para el servicio.

Torpedos subacuáticos.

Durante el transcurso de la Escuela Práctica se fondearon y recibieron fuego en la pequeña ensenada de Portomoco, varios torpedos durmientes, en las condiciones detalladas a continuación, para obtener los «radios de acción» que se indican:

CARGAS					Profundidades de inmersión.	Radios de acción.
2 de 16 kilogramos de pólvora...					1,50 metros.	1,00
2 de 25	íd.	de	íd.	..	3,00 »	1,70
1 de 25	íd.	de	íd.	..	2,00 »	2,40
1 de 32	íd.	de	íd.	..	3,50 »	1,80
1 de 32	íd.	de	íd.	..	4,20 »	0

Para barrear la ensenada dicha, se dispuso en el último día de Escuela Práctica una línea de cuatro torpedos en serie a intervalos de diez metros y fondeados a 3 metros : 2 de 60 kilogramos de pólvora para obtener «radios de acción» de 3,50 metros; 1 de 10 kilogramos de dinamita de 1.^a y otro con 12 kilogramos de trilita para un «radio de acción» de 3 metros. Después de fondeados y de verificar el circuito no fué posible darles fuego porque a causa del estado del mar quedaron rotos los cables y alguna envuelta. Por ese mismo motivo el fondeo se hizo en condiciones muy penosas.

Como recipientes se utilizaron odres y bombonas adoptando las disposiciones ya conocidas. También se lanzaron al agua algunos paquetes formados por un petardo de trilita del número 5 o por dos del número 4 y además un saquete con 1.000 gramos de trilita granulada, todos ellos sin envuelta de ninguna clase y con detonadores completos.

Granadas de mano.

Se han utilizado, además de los tipos franceses de fabricación especial, detallados en las figuras 25, 26 y 27 y de los cuales el primero exige 150 gramos de carga explosiva y los otros dos unos 85, dos de «circunstancias» consignados en el Manual alemán; el de *raqueta* (fig. 28) y otro (fig. 29) en el que se ve el aprovechamiento de un bote de conserva como recipiente. Este último se llenó con serrín y metralla de hierro alrededor del explosivo, y al petardo de 200 gramos del primero se le adhirieron unas barritas de hierro de 10 centímetros de longitud, convenientemente sujetas entre sí y a la raqueta por alambres y grapas, y en cuyas barritas se

inició el fraccionamiento practicando unas hendiduras espaciadas a un centímetro.

Las mechas eran de 8 centímetros de longitud. El peso de las granadas referidas oscila entre 600 y 1.200 gramos y en todas ellas el fraccionamiento fué completo, habiéndose recogido únicamente, en los sitios de caída algún trozo de mango.

Por falta de tiempo no fué posible instruir una sección de granaderos, así como tampoco el construir granadas de percusión, de cuyos tipos el japonés y el inglés parecen los más apropiados para hacerlos con rapidez y sin servirse de talleres especiales.

EXPERIENCIAS Y ENSAYOS

ALGUNAS OBSERVACIONES

Experiencias.

Hierros.—Las efectuadas con hierros laminados de perfiles **I** y **L** con altura de alma no inferior a 10 centímetros, nos permitieron comprobar lo suficiente de la carga dada por la fórmula $C = 10 S$ en hierros de dimensiones y calidades corrientes; y como ellos son los que en la práctica habrá más ocasión de romper, se deduce que cuando escasee el explosivo o haya oportunidad de hacer una destrucción con calma, podría economizarse una buena cantidad de aquél empleando la fórmula dicha en vez de la alemana $C = 25 S$.

Aunque sin ocasión para efectuar roturas de hierros de pequeña sección y hierros redondos, se concibe que en éstos hasta sea insuficiente la carga dada por la fórmula alemana, a causa de la mala adaptación de los petardos, de la gran longitud que de éstos queda volada con respecto al hierro y de la excesiva distancia del centro de la carga al de la sección de rotura.

Sin que el número de experiencias efectuadas nos autorice a deducir conclusiones, pudimos apreciar que hierros con altura de alma de 28 centímetros (máxima de los que manejamos) se rompían perfectamente adosándoles la carga en bloc, aun cuando claro es, que repartiendo los petardos dentro de éste en número proporcional al espesor de la parte de hierro con que habían de estar en contacto.

No hubo tampoco ocasión de aplicar cargas a hierros compuestos.

A modo también de experiencia, se dispuso la voladura ya indicada de la pasadera de hierro, haciendo explosión por influencia las cargas de la vigueta central, que se prepararon para ello.

Losa de hormigón armado.—Se rompió una plancha de hormigón armado que servía de blindaje a una sección de ametralladoras. La losa, de 12 centímetros de espesor, estaba limitada por dos viguetas doble **T** para contener y sostener el entramado metálico del hormigón. La carga alargada de rotura (trilita), se determinó *á priori*, sin experiencias previas, con el objeto de que desde luego la rotura se verificase, lo que así se consiguió de una manera completa, calculando aquella como algo me-

nos que la tercera parte de la necesaria para romper una plancha de hierro del mismo espesor; pero se lamentó la falta de tiempo y medios para hacer experiencias que sirvieran de base a una fórmula seria, puesto que los manuales o no tratan de ello o lo hacen muy a la ligera. Ya no para demoliciones de importancia, sino para roturas de esos elementos que como blindajes se pueden hacer rápidamente en campaña, convendría tener datos desde el doble punto de vista de la rotura a voluntad y de los espesores invulnerables al tiro de la Artillería. Para esto y para otros muchos estudios serían muy provechosas las Escuelas Prácticas combinadas de Artillería e Ingenieros, puesto que las condiciones en que se efectúan ciertas experiencias es imposible que se ajusten o equivalgan a las que han de tener en la realidad.

Proyectiles.—Se troceó uno cargado, de 15, rompiendo primero el culote con 600 gramos de dinamita de 1.^a y aplicando después una carga de 300 gramos, según una de las generatrices.

Torpedos subacuáticos.—Para obtener los odres y bombonas de los detallados anteriormente, se empleó un mastic que recomiendan las «Instrucciones italianas», modificado en la siguiente forma: 1 y $\frac{1}{2}$ parte en peso de alquitrán, 4 de pez, 2 de resina, $\frac{1}{2}$ de aceite de lino y $\frac{1}{4}$ de sebo de carnero. Conviene mezclarle algo de arena fina.

El mastic resultó perfectamente impermeable y pegajoso.

Fogatas, morteretes, etc.—Entre las minas de proyección practicadas, ya hemos dicho que se hizo una sola fogata ordinaria y ésta con las dimensiones de la fogata tipo. Se observa que en los manuales modernos y en los reglamentos extranjeros (1) o se prescinde de la fogata ordinaria o se indican dos o tres modelos de la misma para otras tantas capacidades de carga de proyección sin entrar en más detalles ni consignar un solo cuadro con dimensiones de las líneas, cargas de piedra, distancias, etc. Claro es que habrá ocasiones en que será conveniente la fogata ordinaria por su ventaja de ser la que permite mayor precisión en el lanzamiento de una carga según una dirección determinada, pero su gran número de planos, las diferentes inclinaciones de éstos en pendientes y contrapendientes y el esmero que por lo tanto exige su ejecución, serán tal vez, motivo para que se esquite su empleo en cuanto sea posible. Las fogatas rasas, las rápidas y las trincheras explosivas son, como es sabido, de empleo y ejecución más fáciles.

En cuanto a los morteretes, los hemos prodigado por entender que cuando se está a cubierto o algo distanciado de ellos, son un medio de

(1) «Instruzione provvisoria sui lavori di mina e sugli esplosivi», Manual alemán, «Handbuch der militärischen Sprengtechnik», por Zschokke, etc.

ofensa bastante satisfactorio. El tipo de 1,20 de diámetro por 1,20 de altura con 20 kilogramos de pólvora y 500 de tierra y piedras, tiene una acción radial comprendida entre 80 y 100 metros; algo parecido es el torpedo alemán de observación. Hemos notado que en terrenos blandos se ejecuta más brevemente el morterete que la fogata rápida de igual capacidad, pero en terrenos duros parece que ésta se practica en menos tiempo.

El mayor de los morteretes ejecutados tenía 2,60 metros de profundidad y 160 kilogramos de pólvora.

Observaciones sobre los explosivos, artificios y generadores empleados.

Explosivos.—Han sido manejados 38 kilogramos de trilita en petardos prismáticos de los cinco números y 20 de dinamita de 1.^a clase. Por no haber existencias en la representación de la «Arrendataria» no fué posible hacer experiencias con la dinamita goma, cuya fuerza explosiva, como es sabido, supera a la de la mayor parte de los explosivos en uso. Creemos convenientes esos ensayos y comparaciones por tratarse de un explosivo que como el algodón pólvora es reglamentario en algunas naciones y por faltar datos que establezcan coeficientes, ya que los consignados en los manuales son muy variables y se basan muchos de ellos en la prueba de Trauzl que no es concluyente para nuestros fines, por la manera de aplicarse los explosivos en la práctica.

Si bien es cierto que actualmente la trilita no puede competir en precio con las dinamitas convendría, ya que se tiende al explosivo único, emplear en los barrenos un tanto por ciento de blocs cilíndricos, a título de práctica; hemos visto alguno de ellos fabricado por petición especial, de 0,107 metros de longitud por 0,0305 de diámetro, con 100 gramos de peso a la densidad de carga de 1,53.

Comprobamos la necesidad de un petardo cebo (uno de 100 gs. o mejor el multiplicador cilíndrico de 1,50 de densidad), para hacer detonar los petardos de los números 4 y 5, pues algunos cebos eléctricos sólo lograron romper los cartuchos sin conseguir ni aun la explosión parcial.

Respecto al diámetro del orificio destinado al alojamiento del cebo, convendría aumentarlo algo por las mismas razones que ya adujo el capitán Parellada en las páginas del MEMORIAL.

El consumo de pólvora ascendió a las tres toneladas consignadas. La mayor parte de aquélla, aunque de muy diversas cualidades, era de grano fino, y únicamente nos vimos obligados a emplear 200 kilogramos de pólvora Pebble, la que, como era de esperar, no terminaba su combustión

dentro del medio en que era colocada, como se vió en un morterete de ensayo que lanzó gran número de granos encendidos.

Artificios.—La mecha detonante empleada (250 m.) como enlace, además del establecido por el circuito eléctrico entre los morteretes y entre las fogatas rápidas, así como la tendida para asegurar en los hornillos de las galerías de mina una segunda toma de fuego, y los trocitos necesarios para comunicar éste desde las cargas unidas al circuito eléctrico con las independientes de él en las pasaderas de madera y hierro, fué colocada observando, al parecer, las prescripciones corrientes, tales como la de evitar los senos y vueltas bruscas, el refrescar los extremos, el poner directamente en contacto las almas de las mechas en los empalmes de éstas, o el asegurar las uniones con el enlace de dos cápsulas multiplicadoras de trilita, una en cada mecha, etc., y no obstante lo cual, se vió que únicamente cumplieron satisfactoriamente los trozos de pequeña longitud, perfectamente rectos y guiados, como eran los empleados en los puentes donde la mecha o descansaba sobre un rollizo o se apoyaba sobre el cordón de una vigueta, o se la sujetaba con bramante de trecho en trecho para que no colgase. En los enlaces entre morteretes y fogatas, trozos de 20 a 25 metros de mecha detonante (distancia máxima entre dichas minas de proyección) o permanecieron sin detonar o sufrieron interrupciones en sitios donde no era de esperar una cortadura, por no corresponder a empalmes ni a cambios de dirección. Por otra parte no cabe poner en duda la excelencia de la fabricación de dicho artificio, y por ello y lo expuesto, añadido a lo que sobre el mismo extremo ha indicado el Teniente Coronel D. José Ubach al reseñar en el MEMORIAL la Escuela práctica del 4.º Regimiento de Zapadores Minadores, preguntamos si habrá que limitar el empleo de la mecha detonante, en condiciones de éxito, a los casos indicados. Los italianos hace tiempo que trataron de sustituir el alma de picrinita por otra de balistita y pólvora en grano, mezcla menos rompedora y de menor velocidad de detonación que la picrinita y trilita. Dicho artificio, ideado por el general Spaccamela, parece que satisfizo mucho en los primeros ensayos, pero ignoramos si es ya de uso corriente. Sus características son: 5,5 milímetros de diámetro, 120 gramos por metro lineal, 3.500 metros por segundo la velocidad de detonación y cuatro minutos por metro en el aire y en agua si quiere utilizarse como mecha lenta.

La mecha de esta otra clase (50 m.) suministrada por la «Arrendataria de Explosivos», ha ardido muy regularmente. Para los trozos de mecha ya colocados y cuando no sea oportuno (como en las granadas de mano) distraerse refrescando los extremos que tan fácilmente se humedecen e inutilizan, hemos adoptado el detalle del Manual alemán que indica la figura 30, con el que se obtiene al propio tiempo un encendedor

sencillo. Como se ve, se introduce una cerilla cortada en una hendidura del extremo de la mecha y se protege el conjunto con un papel parafinado atado a ésta; para encender se frota con el rugoso sin quitar el papel.

Los detonadores completos, reglamentarios para las tropas de Infantería y Caballería y usados por nosotros en corto número, ya que parecen de más frecuente empleo en las destrucciones ligeras, han funcionado a satisfacción.

Alguno, sin embargo, ha ofrecido la irregularidad de no comunicarse el fuego del encendedor a la mecha, seguramente por falta de buen contacto entre ambos, debido a descuidos en el almacenamiento o a defectos de manipulación.

Los cebos de cantidad empleados, si bien no todos de fabricación reciente, han presentado las mismas deficiencias que hace tiempo venimos observando. En series de escaso número de cebos, 6 a 10, han quedado sin detonar dos o tres de ellos.

Todos acusaban corriente al hacer la verificación; pero, sin dnda por tener características diferentes y efectuarse la emisión de la corriente del explosor antes de alcanzar su máxima intensidad, detonaron los más sensibles y quedaron intactos los restantes.

Explosores.—De explosores hemos utilizado el tipo A del Siemens, por temor a que con el cable de pequeño diámetro empleado, el explosor de las cargas a lomo no pudiera cumplir satisfactoriamente. Una batería de 21 elementos Leclanché fué montada como reserva para caso de avería imprevista del explosor, pero no hubo ocasión de utilizarla aunque sí de observar los cuidados que exige y las irregularidades que presenta.

Como aparato de verificación de circuitos empleamos en la «*mesa de ensayos*» (cuyo esquema detalla la figura 31), el galvanómetro Siemens. Es de lamentar vengan la mayor parte de ellos con pilas no regenerables.

Escuela de artificieros.—Inútil nos parece insistir, puésto que ya en otra ocasión se escribió sobre ello en las páginas del MEMORIAL, en la necesidad de que nuestros Regimientos posean verdaderos artificieros, si el asunto no fuera de tal importancia que cuanto se hable de él no puede considerarse como excesivo. Se echa de menos dicha especialidad en nuestras Escuelas Prácticas, allí, donde el Oficial tiene ocasión de ver detalle por detalle y aun de ejecutar muchos de ellos por su mano. Es pueril, por lo tanto, esforzarse en razonar sobre la utilidad de los artificieros en campaña. Y creemos que muchas de nuestras clases estarían en condiciones de especializarse; pero consideramos, también, sería muy justo que los titulados como tales artificieros mereciesen el premio de una pequeña

gratificación mensual y el estímulo de un distintivo en el uniforme.

Para la instrucción técnica elemental de este año se redactaron programas *ad hoc* y se puso en práctica dicha enseñanza, formando los sargentos grupo especial. Los resultados, podemos decir que fueron lo suficientemente halagüeños para que se dieran por bien empleados el tiempo y esfuerzos invertidos.

Desde luego no todas las clases son susceptibles de adquirir dicha instrucción y por ello, aunque no con mucha base y fundamento, pues lo de este curso no ha podido pasar de ser un ensayo, tenemos la impresión de que la instrucción de los minadores podría abarcar los siguientes límites:

Soldados: son útiles todos o por sus oficios o como peones. Sus conocimientos deben reducirse a una nomenclatura ligera de la herramienta y a cuatro generalidades sobre las precauciones en el manejo de explosivos y artificios.

Cabos: con más detalle lo que se refiere a este último extremo, empalmes de mechas y cables y verificación de circuitos sencillos.

Los sargentos por el hecho de serlo, deberán conocer perfectamente lo anterior, la construcción de algunas minas de proyección, la organización de cuadrillas y las cargas para roturas elementales (esto último con la extensión que, por ejemplo, citan los artículos 34 y 41 al 48 del capítulo IV y 163, 169 a 173 y 175 a 178 del *Reglamento para el empleo de petardos explosivos por las tropas de Infantería y Caballería*).

Los mas aptos deberían aumentar los conocimientos anteriores con otros tales como el manejo y conservación de explosores, montaje de pilas Leclanché, regeneración de las pilas de los galvanóscopos, disposición de circuitos en puentes, galerías, etc., constitución de cargas concentradas y alargadas (nada de fórmulas), cargas en un medio cualquiera, atraques, torpedos terrestres y fluviales, empleo de los mastics, montaje de espoletas y artificios para minas automáticas, improvisación de cebos, etc., y después de aprobar en un examen práctico, titularse de artificieros.

Entendemos que la enseñanza con sólo el empleo del material simulado, ni es suficiente ni logra mantener por mucho tiempo la atención de los alumnos; el uso de los medios reales y el ejercicio discreto de roturas elementales, constituyen un complemento necesario, complemento que por otra parte no es posible sustituirlo con las experimentaciones de Escuela práctica, por no haber entonces ocasión de tener reunidas a las clases ni ser pertinente para los Oficiales dedicarse a enseñanzas que exigen tiempo y calma.

Obvio nos parece también realzar las ventajas que proporcionaría el

uso de cartillas reglamentarias para ésta y otras ramas de la instrucción técnica de los Regimientos.

Nuestras clases de tropa poseen, por fortuna, tal entusiasmo y celo por su servicio que vencen con ambos, dificultades de alguna cuantía que frecuentemente se les presentan en el ejercicio de cometidos tan diferentes como están encomendados a las tropas de zapadores, pero en el empleo de los explosivos es de tal importancia el detalle, que si éste no ha sido bien dominado, el fracaso es inevitable, sin que lo salven ni el celo ni el entusiasmo.

ESCUELA DE PUENTES

Instrucción preparatoria de Puentes.

La instrucción elemental de puentes comenzó para el soldado con la del recluta.

Apenas transcurridos los primeros días de su ingreso en filas, se empezó a alternar con los conocimientos militares y la instrucción táctica, la técnica propia del zapador, con notable resultado, pues insensiblemente, aprovechando descansos y ratos perdidos, ocurrió que al dar de alta a la tropa, conocía, además del material reglamentario de los parques de compañía, tanto en las secciones a lomo como en las rodadas, la ejecución rápida de los nudos, ligaduras y empalmes más usuales, y se había ejercitado en el empleo de trócolas, tornos, crics, grapas y otros herrajes, etc...

Paralelamente a esta instrucción, se dió otra elemental a las clases, consistente en ligeras conferencias teóricas acerca de la organización de los diversos sistemas de puentes militares y la nomenclatura de sus distintos elementos.

A continuación, y ya como preparación directa para los trabajos de la Escuela práctica de puentes, se procedió en los patios del cuartel al trazado y construcción de caballetes de diversos tipos y colocación de los mismos, cuerpos muertos y vigas sencillas, se siguió con la organización y tendido de tramos completos y pasaderas, practicando también la hincada de pilotes con machina.

Se procuró obtener siempre la mayor rapidez de ejecución en los trabajos, y por lo que respecta a los sargentos se tendió sobre todo a enseñarles a dar una buena distribución a la fuerza a sus órdenes, según las obras que tuvieran que ejecutar.

Y finalmente, se construyeron en el cuartel, cuatro de las vigas del puente, por lo que los carpinteros y herreros tuvieron especialmente ocasión de practicar en sus respectivos oficios.

Escuela de puentes en el Urumea.

La Escuela de puentes en el Urumea se contrajo a cuatro puntos principales:

1.º Construcción de un puente de etapas de tres tramos, con luces de 15 a 19 metros, susceptible de soportar la circulación de todo género de cargas, incluso camiones automóviles con un peso de 8 toneladas y 5 ó 6 por eje más cargado.

2.º Construcción en la orilla derecha del río de un embarcadero sólido y utilizable a cualquier nivel de las aguas según las mareas.

3.º Formación de una compuerta de embarque aprovechando las cuatro proas y dos cuerpos del antiguo material Birago existentes en el

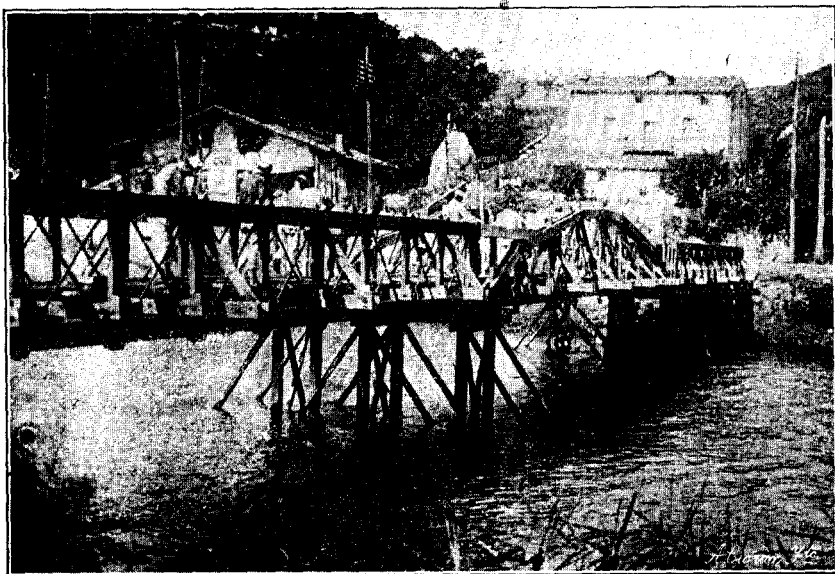


Fig. 32.—Tramo del puente de Loyola, a punto de terminarse.

Regimiento, para constituir un puente volante con fiador y navegar a remo.

4.º Utilización de todos los materiales sobrantes, para construir trozos de pasadera con apoyos de diversos tipos.

Todos los trabajos se subordinaron a la más rápida ejecución del puente, considerado como la obra principal.

Tanto el emplazamiento del puente como las luces de sus tramos, se consideraron impuestos por la existencia en el río, de apoyos de otro destruido y consistentes en este caso en las cepas centrales de pilotes.

La figura 32 representa el conjunto del puente y en ella pueden apreciarse los tipos de vigas adoptadas.

Para el primer tramo se escogió el Pratt, mixto de madera y hierro, provisto de contratirantes para soportar las cargas en movimiento. Las

vigas de 16 metros de longitud por 1,60 de altura para una luz de 14,80 metros. Los cordones son de doble tablón de $23 \times 7,7$ centímetros encepando a los montantes de $17 \times 7,7$ centímetros, y los tirantes de hierro redondo de 3 centímetros de diámetro, terminados por un extremo en una fuerte zapata recalçada y teniendo la otra extremidad roscada y provista de tuerca y contratuerca.

La unión de los tirantes a los cordones se hizo por medio de unas piezas especiales formadas por trozos de hierro en escuadra de $120 \times 120 \times 13$ milímetros y de 21 centímetros de longitud, cuyas alas se han achafalnado para proporcionarles buen asiento, colocadas como indica la figura 33. Los orificios practicados en las caras opuestas permiten el paso de los tirantes, que por medio de sus tuercas se hacen solidarios de las vigas.

Para el tramo central se adoptó el sistema de vigas Bowstring o de arco atirantado, con una longitud de 20 metros y máxima altura de 2,60 para una luz de 18,60, y para el tercero el tipo Howe provisto de contradiagonales con una longitud de 16 y altura de 1,60 para 14,70 de luz. En ambos son los cordones de doble tablón de $23 \times 7,7$ centímetros y toda la celosía de medio tablón ($11,5 \times 7,7$ cm.)

La constitución del tablero, igual para los tres tramos, fué la siguiente:

Traveseros dobles de $18 \times 7,5$ centímetros encepando las piezas verticales (montantes o péndolas) de las vigas; viguetas de $11,5 \times 7,7$ centímetros en número variable de 7 a 9 según la separación de aquéllas en cada tramo y, por último, tablas de piso de unos 5 centímetros de grueso. La desigual longitud de estas últimas obligó a poner en el puente andenes laterales de 40 centímetros.

Además de los tres tramos antes indicados, hubo que hacer uno de estribo de 4,50 metros de luz formado por ocho vigas de 20×12 centímetros sobre las que apoya directamente el tablero.

La necesidad de aprovechar los materiales existentes de anteriores Escuelas prácticas, razones de economía y la certidumbre de que no habrían de pasar por el puente cargas aisladas de gran peso por eje, hicieron que la resistencia del tablero en general fuera muy inferior al de las vigas pues calculados todos los elementos del puente para una carga (teniendo en cuenta el peso propio) de 1.400 kilogramos por metro lineal, apropiada al peso de la Infantería de a cuatro, tenemos que mientras las vigas, para el peso de los camiones automóviles Schneider (por ejemplo) de 8.000 kilogramos y 5.700 de peso en su eje posterior, trabajan a coeficientes muy moderados, los traveseros, en las mismas condiciones, sólo admiten hasta tres toneladas y sólo dos las viguetas y tablero.

El arriostramiento transversal para los distintos tramos, consistió

en los tornapuntas laterales, visibles en la figura 32. El horizontal en tres cruces inferiores por tramo, y además para las vigas Bowstring en los arcos horizontales obtenidos uniendo los extremos de los traveseros.

Las vigas se unieron a las cepas por escuadras laterales e inferiores; además se unieron entre sí por sus cabezas sólidamente, de tal modo que los cuchillos de cada lado formaban una sola viga continua.

La longitud total del puente fué de 57 metros y su anchura utilizable de 2,80.

Corrimiento.—Para el tendido del puente, se utilizó la oscilación del

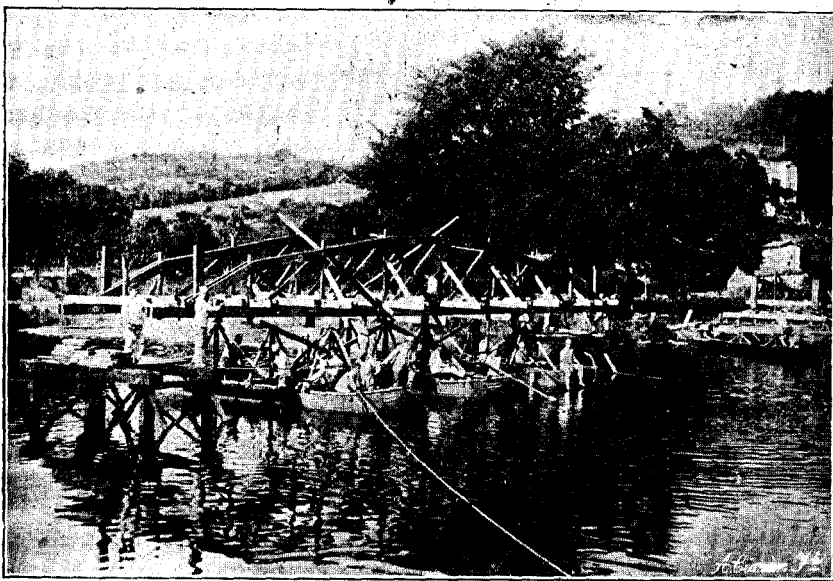


Fig. 34.—Maniobra para la colocación del tramo central en el puente de Loyola.

nivel de las aguas producida por las mareas, allí muy apreciable, pues varía aproximadamente entre 1,20 metros en circunstancias normales, hasta 2,30 en mareas vivas. Con los pontones Birago al principio citados, se formó la compuerta de maniobra visible en la figura 34 que permitió trasladar en pleamar, los tramos completos previamente organizados en tierra, hasta quedar depositados en marea baja en su posición definitiva.

En esta forma se corrieron los tramos Bowstring y Howe, sin más diferencia que la de haber necesitado para el segundo, después de trasladado en marea alta, desprender de la compuerta, anegar y quitar el ca-

ballette, a uno de los pontones compuestos, que formaban aquélla, pues la poca profundidad del río cerca de la orilla hubiera impedido apoyar las vigas sobre las cepas.

El tendido del tramo Pratt se hizo por corrimiento, apoyando su cabeza en las cumbreras de la compuerta (reducida a dos de sus elementos para disminuir la anchura) y empujando desde tierra hasta encontrar la cepa inmediata.

Apoyos.—Hinca de pilotes.—Además de las dos cepas centrales de pilotes, fué preciso construir junto a la orilla derecha del río, otra de constitución análoga a ellas; es decir, de 10 pilotes en dos filas, con las cabezas encepadas por doble tablón de $23 \times 7,7$ centímetros y con los arriostramientos visibles en las figuras 32 y 34. Los pilotes empleados fueron todos aproximadamente de una escuadria de 18×18 centímetros unos con azuches improvisados de herrajes viejos y otros únicamente aguzados.

Para la hinca de pilotes, tanto de esta cepa como después para el embarcadero, uno de los estribos del puente, tramos de pasadera, etc., se empleó constantemente la machina con maza de 75 kilogramos y altura de caída de unos 2 metros, reglamentaria en el Regimiento de Pontoneros y consistente como es sabido en un fuerte tablón, a lo largo del cual corre la maza guiada por unas garras y cuya extremidad se une sólidamente a la cabeza del pilote que se trata de hincar.

Tanto desde tierra, con auxilio de un ligero castillete, como desde la compuerta de embarque y aun auxiliándose sólo con el bote, su funcionamiento fué siempre rápido y sencillo, permitiendo llegar a penetraciones de más de 4 metros y rechazos inferiores a 0,002 metros por golpe

equivalentes por la fórmula $P' = \frac{P H}{20 \cdot c}$ metros,

en la cual

P	= peso de la maza = 75 kilogramos.
C	= penetración por golpe = 0,002 metros.
H	= altura de caída = 2 metros.
P'	= carga permanente que puede soportar un pilote,

a una carga de 3.750 kilogramos, llegándose en estas condiciones a hincar seis en una jornada, es decir, de hora y cuarto a hora y media de trabajo por cada uno.

La rapidez de emplazamiento de esta machina y su facilidad de maniobra (bastan tres hombres para mover la maza y ocho o nueve para su total manejo), hacen que al menos para pilotes de escuadrias corrientes como los empleados, su rendimiento sea muy superior al de las pesadas machinas con mazas de 200 y 300 kilogramos, empleadas también en otras Escuelas Prácticas de este Regimiento, pues el tiempo perdido en dar el mayor número de golpes necesarios, no está en relación con el in-

vertido en emplazar estas últimas hasta fijar el pilote, y creyendo que aun en el caso de que por la gran sección de éstos, fuera necesario recurrir a una de las machinas grandes, siempre se ganaría tiempo, fijando los pilotes con la pequeña, y continuando después el trabajo con aquéllas.

Por lo demás, para escuadrias como las empleadas y rechazos como los conseguidos de 0,002 metros por golpe, ya hemos visto que cada pilote puede soportar 3.750 kilogramos y 37.500 por lo tanto la cepa construída, y aun reduciendo mucho la cifra anterior, por suponer que los pilotes no trabajen por igual, siempre se podrá admitir con gran seguridad una carga de 20 a 25.000 kilogramos, equivalente para la hipótesis de 1.400 por metro lineal de puente, a poder soportar el apoyo de dos tramos adyacentes de 15 metros de luz; pudiendo con muy poco tiempo más de trabajo, llegar a rechazos que permitan soportar las mayores luces a que se llega en la práctica.

Las anteriores consideraciones, unidas a la necesidad cada vez más sentida de la existencia de las machinas en los parques de zapadores, toda vez que el enorme tráfico a retaguardia de los ejércitos modernos exige a cada instante la construcción o reparación de puentes de etapas capaces para todo género de cargas, indica la conveniencia de que se declare reglamentaria, al menos para los parques divisionarios un modelo de aquéllas como el indicado, o todo lo más con un peso de maza de 100 kilogramos, que bastando para las unidades, una a su sencillez facilidades de manejo y transporte.

El tiempo total empleado en la construcción del puente fué de ocho días hasta haber comunicación entre las dos orillas, y diez hasta tener completamente concluído el tablero, o sean sesenta y cuatro y ochenta horas respectivamente de trabajo, con un promedio de unos 65 hombres para el mismo. Terminado el puente, se dió a todo él una mano de *galipot* para su preservación.

Han circulado por el puente, aparte de toda la fuerza empleada en su construcción, que se concentró en el centro de cada tramo sin apreciación de flecha, los carros catalanes del Regimiento, cargados; el camión de dos ejes del mismo, cargado de madera y, por último, el día de los festejos del barrio de Loyola, inmediato al emplazamiento del puente, llegó a llenarse éste por completo de gente, que presenciaba las regatas. No se notó otro efecto, que el de haberse aflojado un poco algunas tuercas de los tirantes en las vigas Pratt, a causa sin duda de las vibraciones producidas por el excesivo tránsito en aquellas horas, pues aunque estaban provistas de tuerca y contratuerca, ambas se hacían solidarias y giraban juntas, y aunque apretadas por una llave fija volvieron a su posición quizá convendría para evitar este inconveniente, terminar los tiran-

tes en rosca de menor diámetro y distinto paso para la contratuerca, o cualquier procedimiento análogo.

Embarcadero.

Se construyó sobre ocho pilotes que se hincaron con la misma machina que los del puente; las zancas de la escalera tenían 5,30 metros de longitud y 25×12 centímetros de escuadría y las huellas de los escalones se formaron con listones a claro y lleno. A todas las partes sumergidas se les dió una mano de *galipot* para su mejor conservación.

Compuerta de embarque.

Se la dió una organización parecida a la de tres pontones del regimiento de Pontoneros (fig. 35). El pontón central, avanzado 50 centímetros



Fig. 35.— Compuerta de maniobra.

sobre los laterales, se formó con dos proas, y los laterales con proa y cuerpo; la distancia entre bordas fué de 1 metro. Se emplearon nueve viguetas transversales, la mayor parte de $11,5 \times 7,7$ centímetros engarzando cuatro bordas; dos cruces de cable delgado, a las que se dió garrote, completaron la rigidez del conjunto; el tablero, de las tablas de piso del puente (de 5 cm.) en peor estado y otros materiales sobrantes. La superficie total de tablero obtenida fué de unos 52 metros cuadrados.

Para formar con ella un puente volante se tendió como fiador un cable de acero de 18 milímetros entre un argollón empotrado en las mamposterías de la orilla izquierda y en un árbol de la derecha. La escasa

velocidad de la corriente del río, que sólo toma algún incremento bajo la acción de las mareas, hizo que el movimiento de traslación fuera lentísimo, por lo cual se instaló un sistema de vaivén por medio de una cuerda delgada que pasando por dos poleas en las orillas, iba a terminar por sus dos extremos en la compuerta.

Para la navegación a remo se formó una tripulación de dos timoneros (sargentos), seis remeros y cuatro individuos provistos de bicheros, que llegaron a acompañarse muy bien y a manejar con destreza la embarcación. Se llegó a navegar con 60 hombres y bastante peso de madera, no embarcando más gente porque aun cuando podían perfectamente cargarse ocho o nueve toneladas en la compuerta, la mala calidad de los

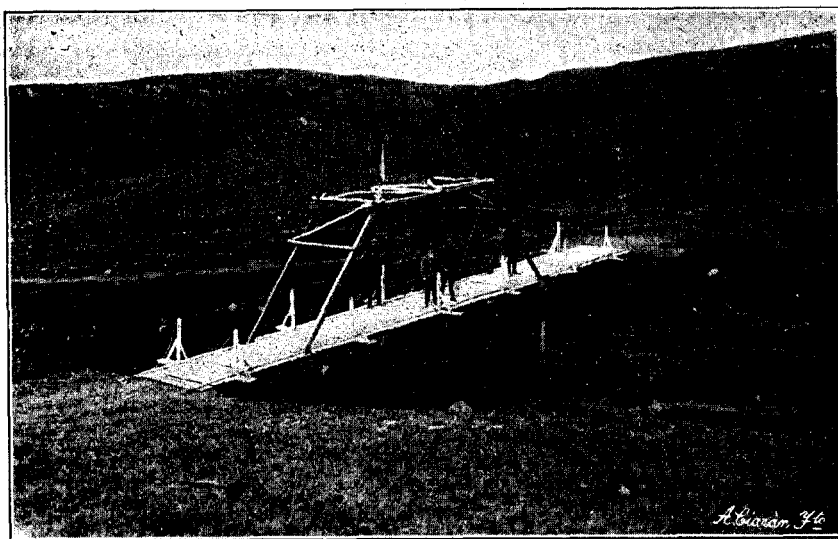


Fig. 36.—Pasarela, volada en Guadalupe.

materiales del tablero y la escasez de espacio para más tropa, aconsejaron limitarse a ello.

Con los materiales sobrantes se construyeron varios tramos de pasadere. Por la gran profundidad del río en marea alta, sólo se pusieron caballetes en los dos primeros, ejercitándose varias veces en colocarlos por los distintos métodos, desde tierra, sirviéndose del bote, la compuerta, etcétera. También se hicieron tramos apoyados en pilotes hincados, sólo hasta poder soportar cargas moderadas, obteniéndose gran rapidez de ejecución.

Las clases se ejercitaron además, en sacar perfiles del río, medir velocidades de la corriente; se hizo escuela elemental de flotilla, etc., etc.

Además de estos trabajos se construyó durante la Escuelas prácticas de fortificación y minas, en las cercanías del fuerte de Nuestra Señora de Guadalupe, la pasarela visible en la figura 36 para paso de Infantería de a dos y Caballería de a uno pie a tierra, aprovechando una cortadura del terreno.

En todos los trabajos se tropezó siempre con la escasez de oficios y especialmente de carpinteros.



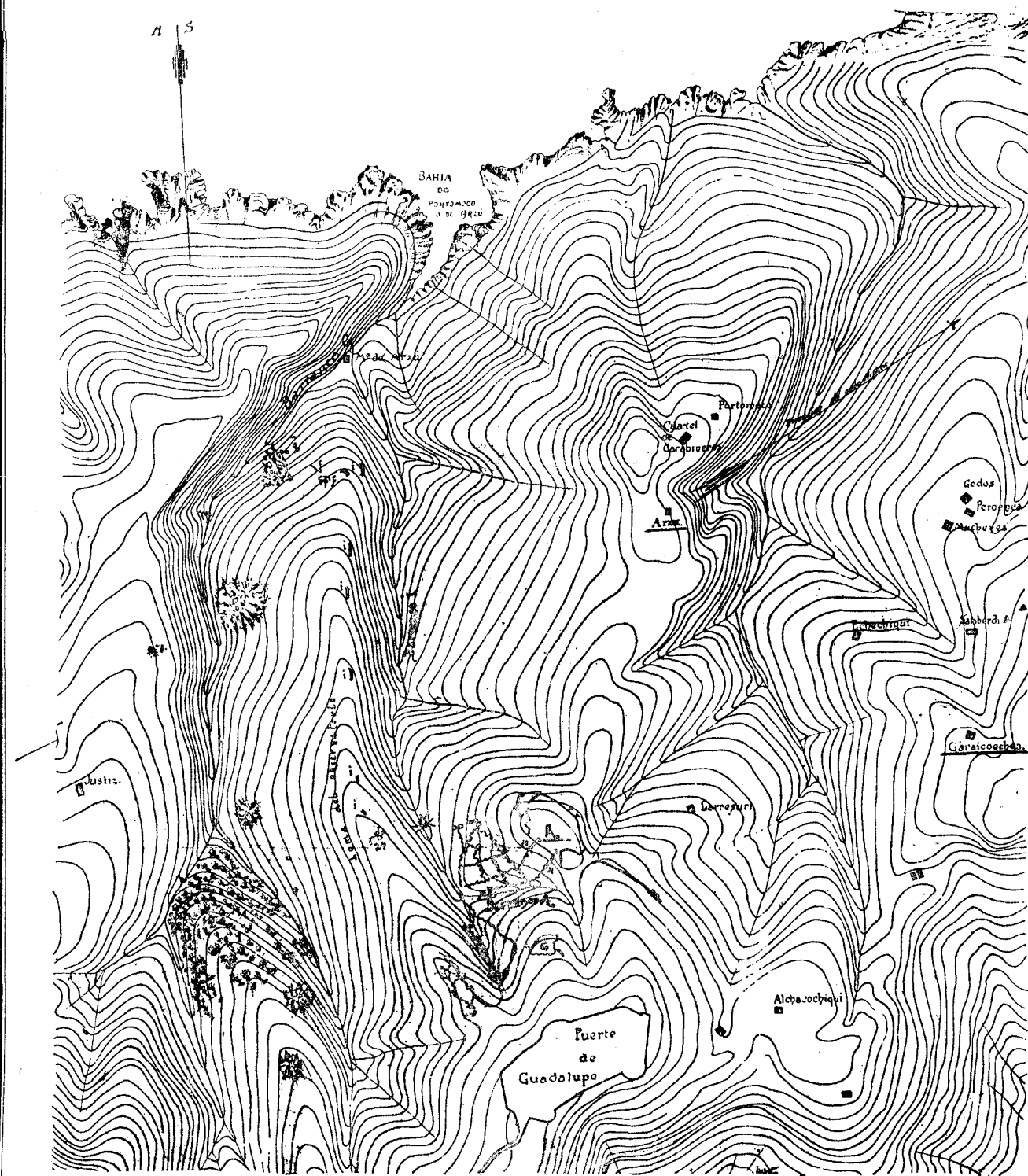


Fig. 1.—Plano del terreno donde se ha desarrollado el tema de la Escuela Práctica.

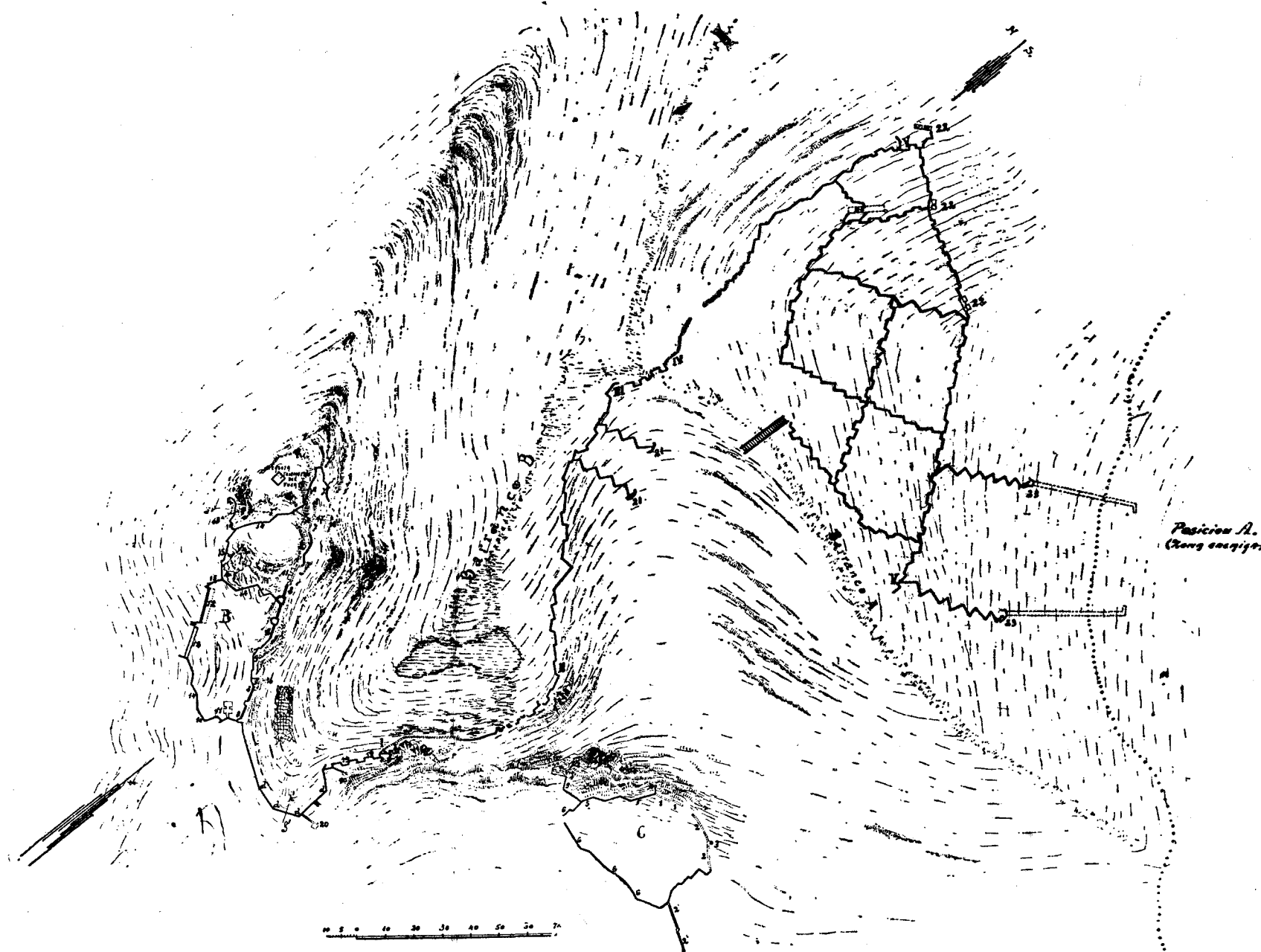


Fig. 2.—Plano de los distintos grupos de obras.

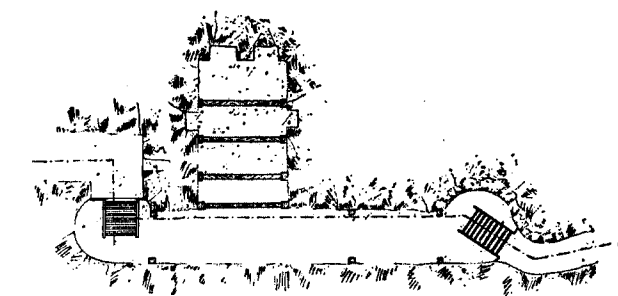


Fig. 3.

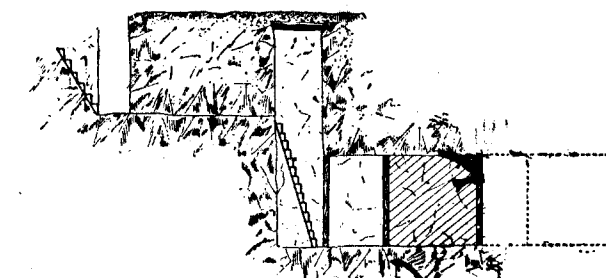


Fig. 6.—Corte por $e f$ de la figura 5.

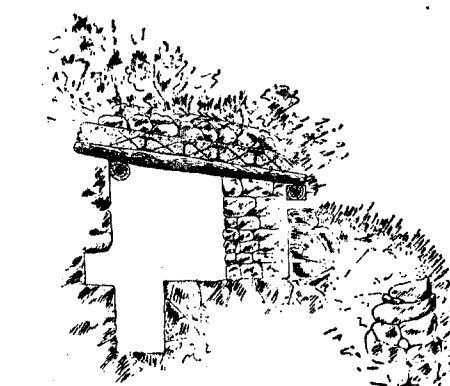


Fig. 9.—Corte por ab de la fig. 8.

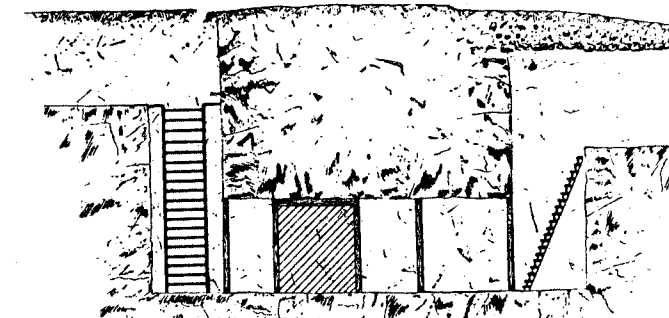


Fig. 4.—Corte por cd de la figura 3.

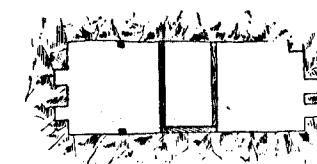


Fig. 7.—Corte por gh de la figura 5.

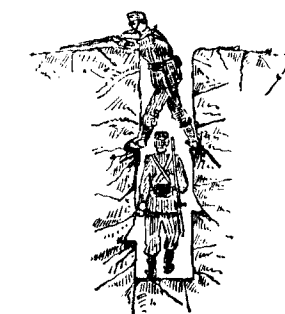


Fig. 10.—Corte por $g' h'$ de
de la figura 2.

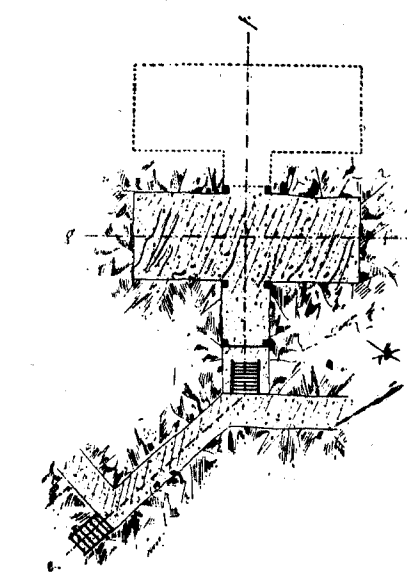


Fig. 5.

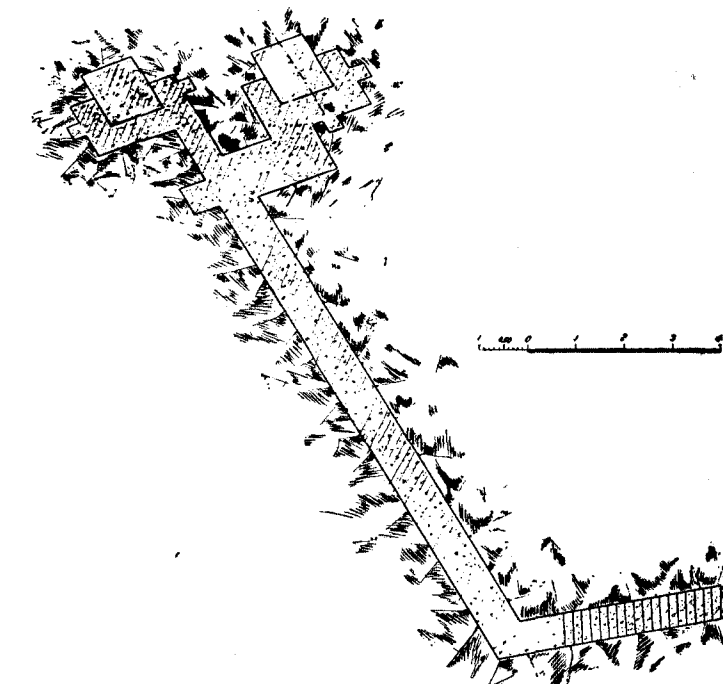


Fig. 8.—Batería para ametralladoras.

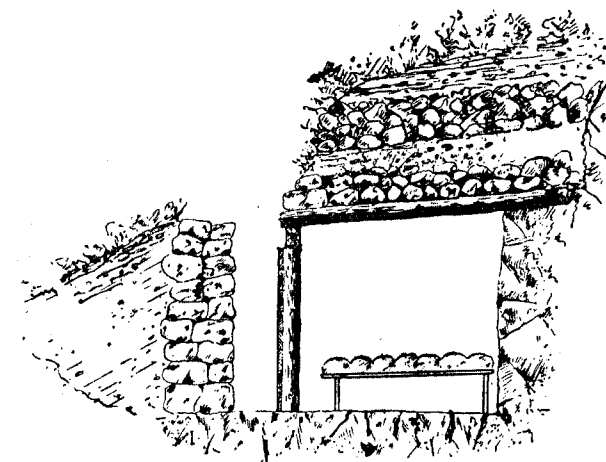


Fig. 11.—Abrigo para oficiales.

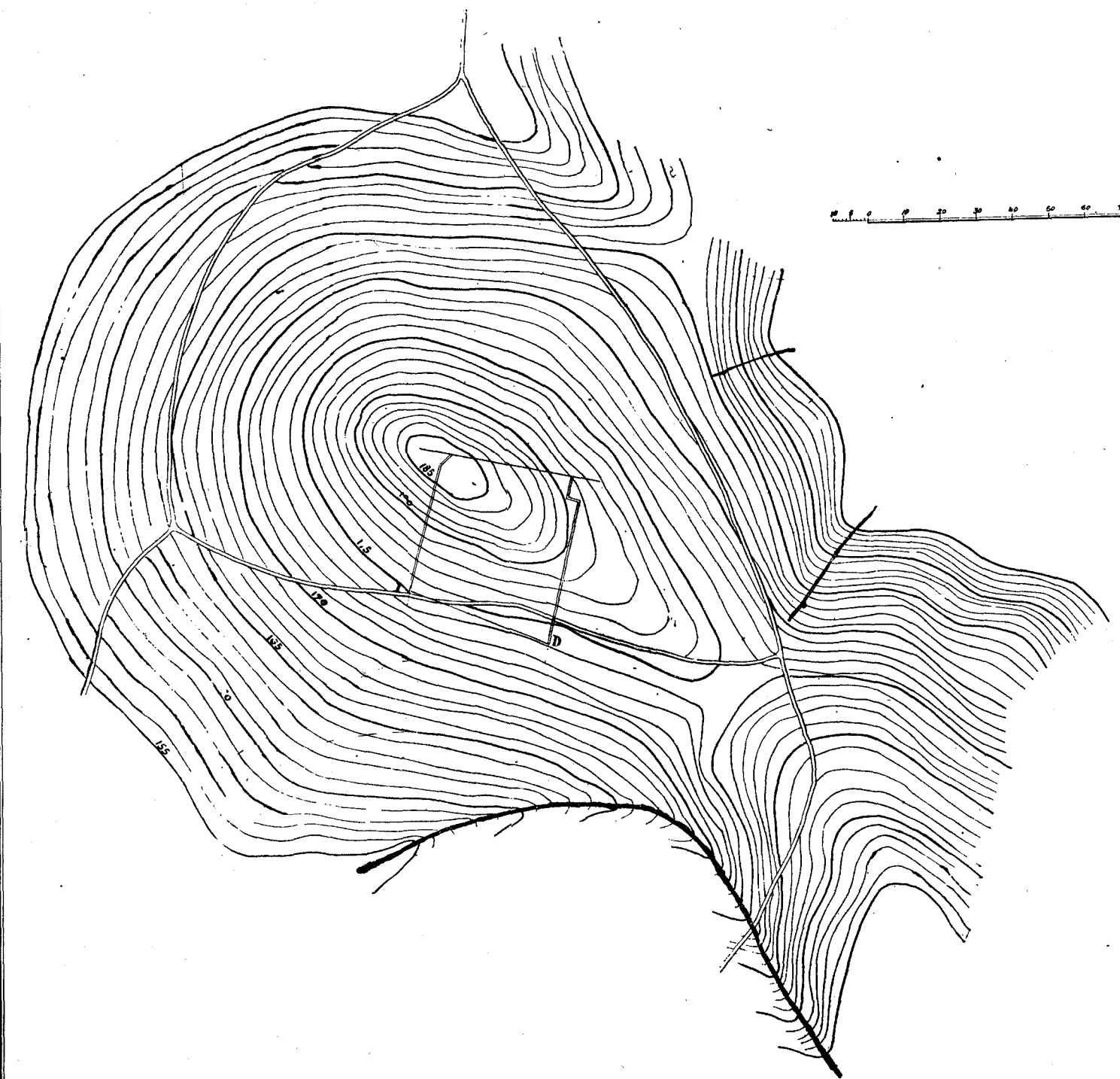


Fig. 12.—Plano de la loma donde se abrieron las galerías de minas.

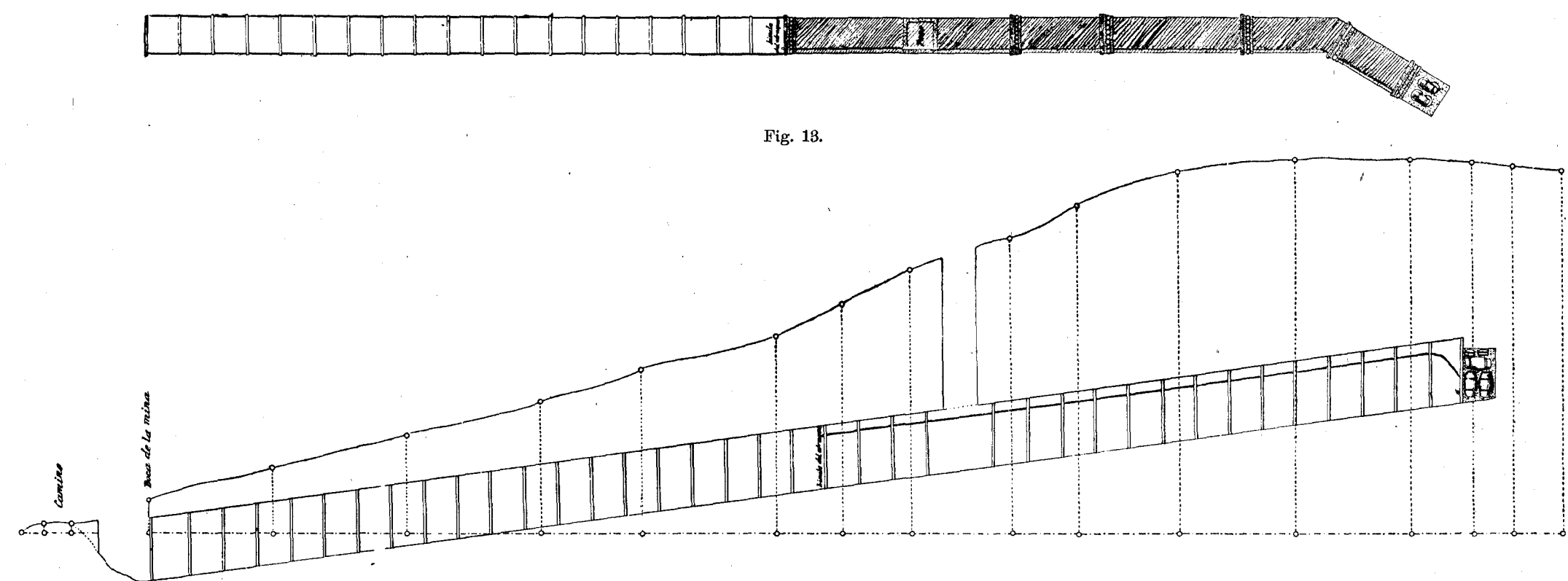


Fig. 13.

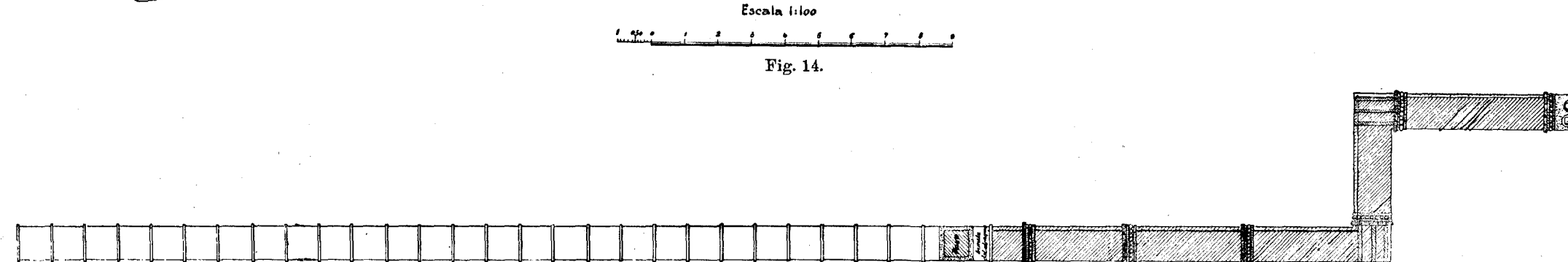


Fig. 14.

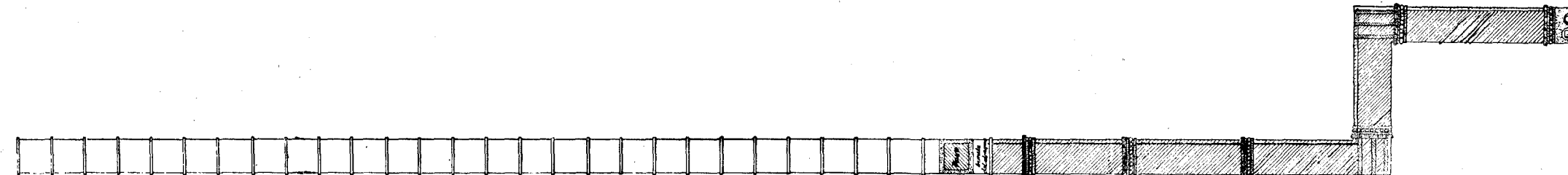


Fig. 15.

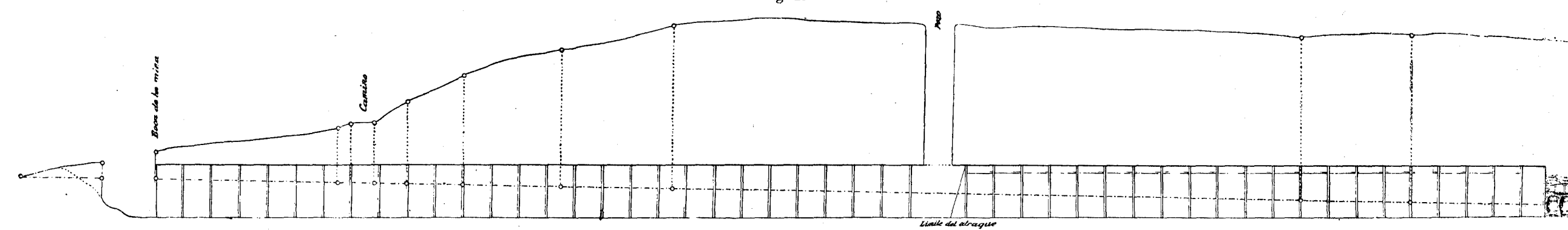


Fig. 16.

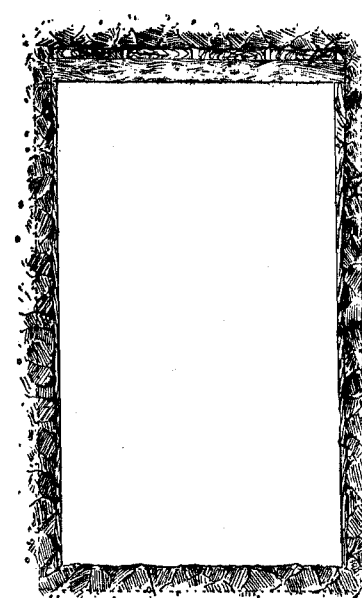


Fig. 17.

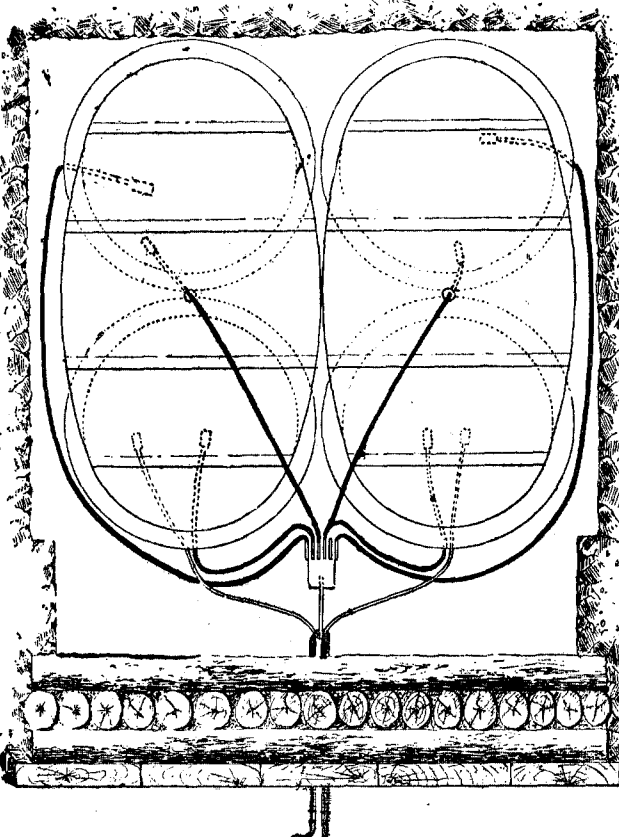


Fig. 18.

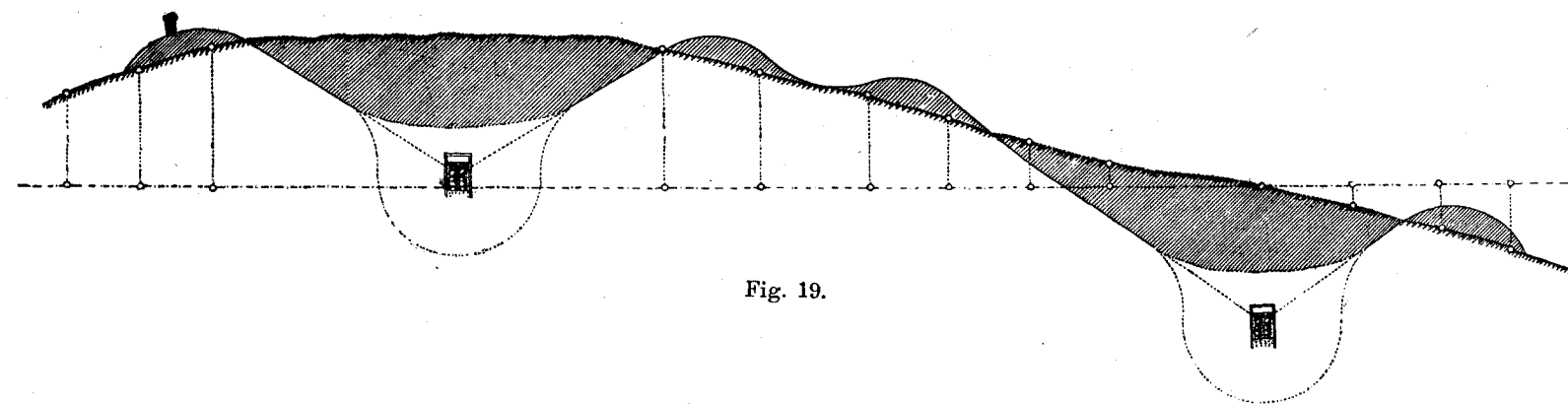


Fig. 19.

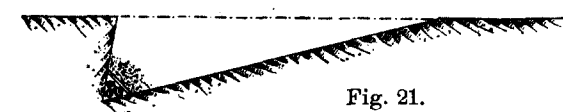


Fig. 21.

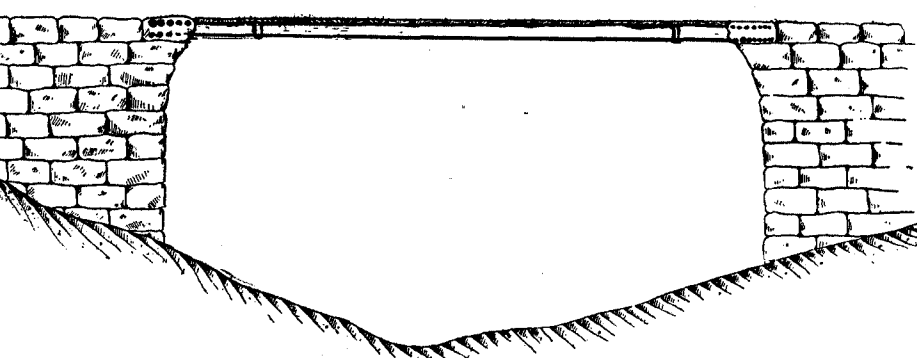


Fig. 22.

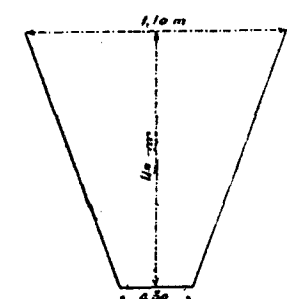


Fig. 20.

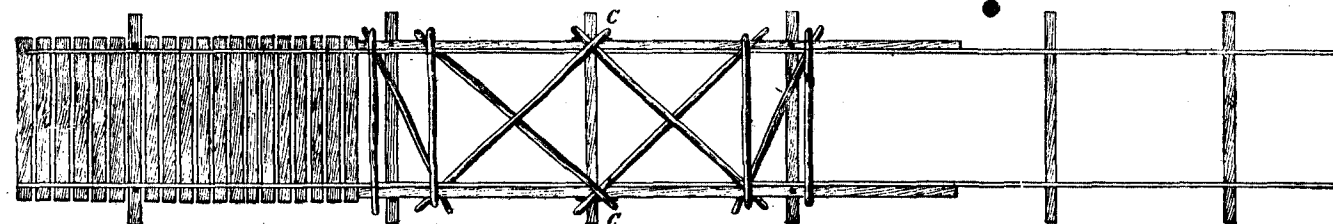
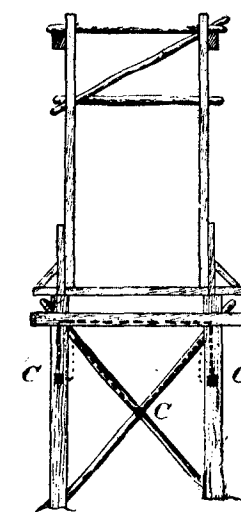
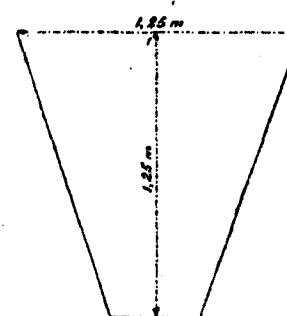


Fig. 23.

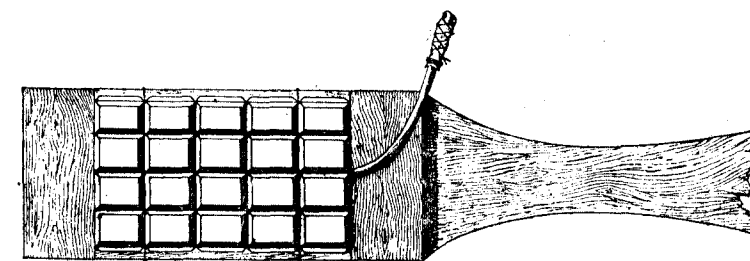


Fig. 28.

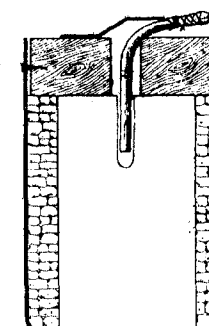


Fig. 29.

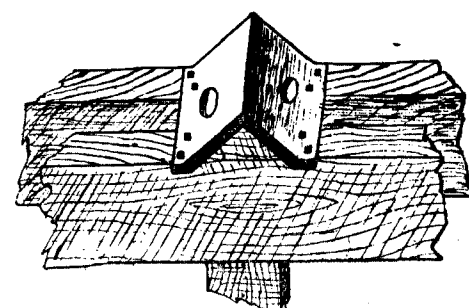


Fig. 33.

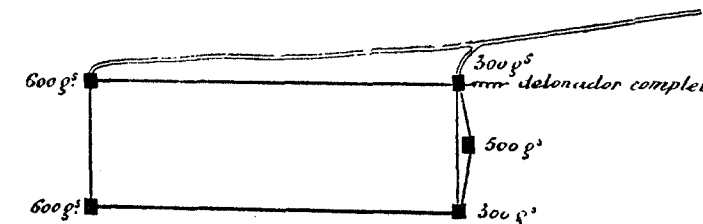


Fig. 24.

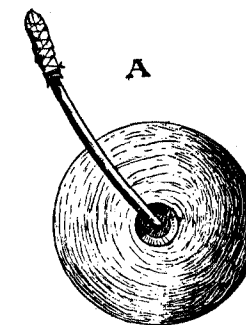


Fig. 25.

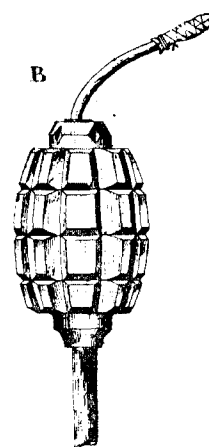


Fig. 26.



Fig. 27.

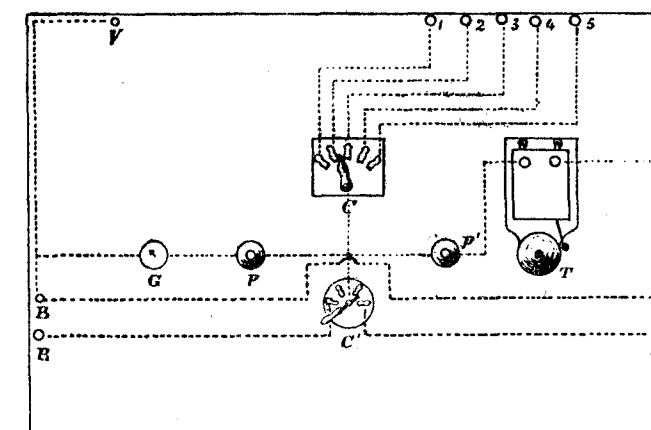


Fig. 31. — 1, 2, 3, 4, 5, Conexiones líneas. — V, Conexiones vuelta. — G, Galvanómetro. — P, Pulsador prueba circuito. — P', Pulsador prueba generadores. — T, Timbre prueba generadores. — C, Conmutador líneas. — C', Conmutador generadores. — A, A, B, B. — Conexiones generadores.

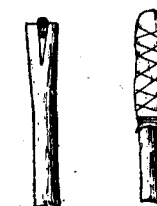
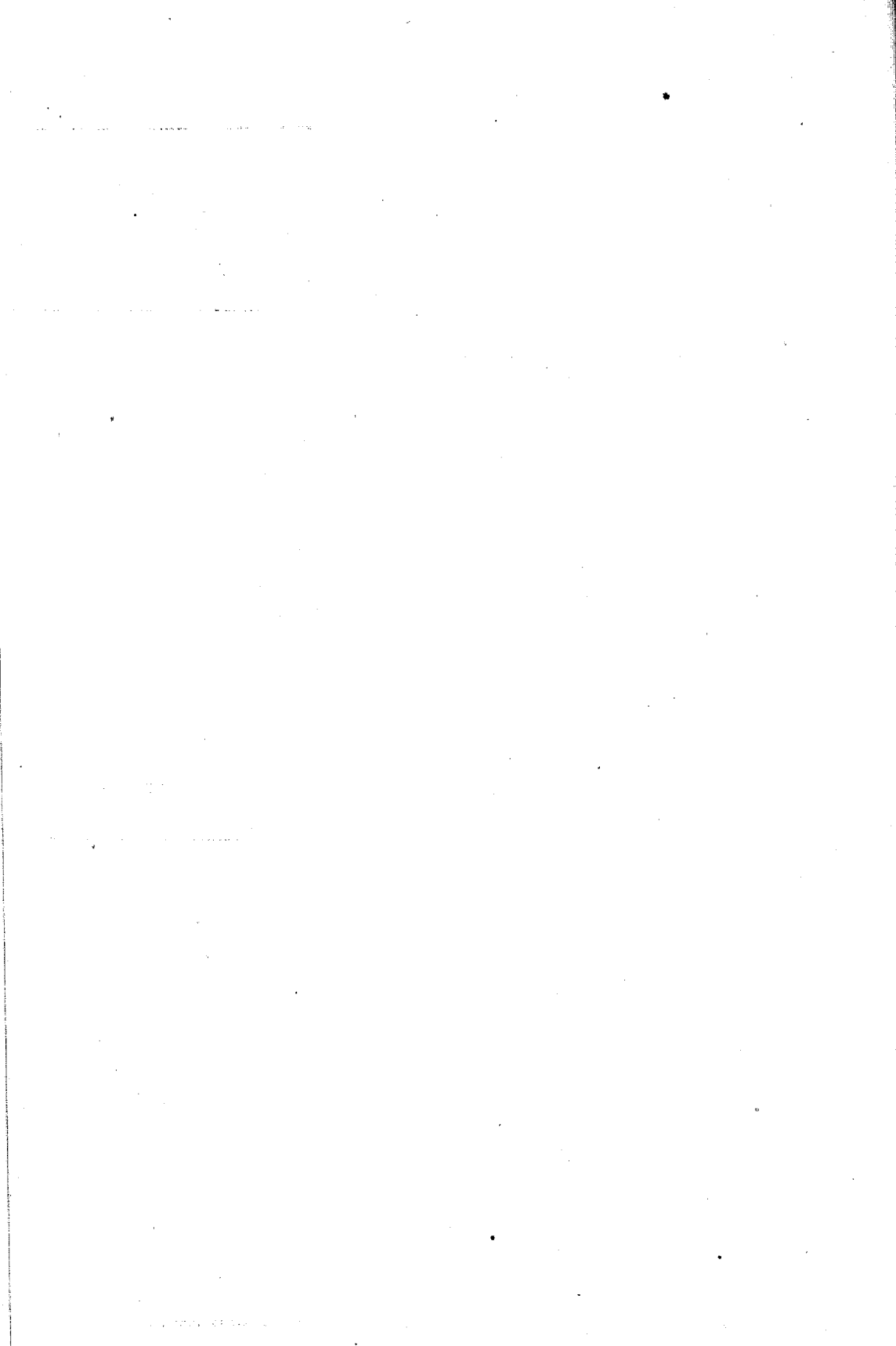
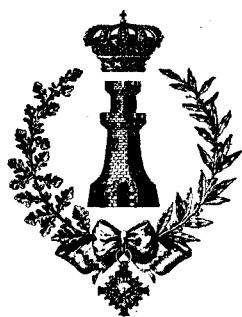


Fig. 30.



ZUMALACÁRREGUI



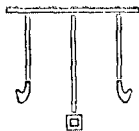
ZUMALACÁRREGUI

ESTUDIO MILITAR

POR

DON EDUARDO DE MARIÁTEGUI

CORONEL DE EJERCITO. TENIENTE CORONEL DE INGENIEROS



Imprenta del «Memorial de Ingenieros
* del Ejército». — Madrid, 1917. *



I



El día 29 de diciembre de 1788, en una casa llamada «Iriarterdicoa», de la pequeña villa guipuzcoana de Ormaiztegui, nació un niño que recibió en la pila bautismal el nombre de *Tomás*, fruto del fecundo matrimonio contraído años antes por D. Francisco Antonio Zumalacárregui, escribano real y modesto propietario, con doña María Ana de Imáz Altolaguirre. Ambos cónyuges pertenecían a la primera nobleza del país, siendo la casa solariega de los Zumalacárregui una de las más antiguas del concejo de Ichaso y en ambas ramas de la familia, se cuentan ilustres ascendientes militares desde mediados del siglo xvii.

El cielo que tan pródigamente había bendecido este enlace, llamó a sí al jefe de la familia antes de celebrar el cuarto aniversario del natalicio de *Tomás*, cuya madre, viuda y con catorce hijos, los educó con esmero, viendo coronados sus esfuerzos de tal modo que, de los cuatro varones, el primogénito, concluido el estudio del Derecho, tomó asiento como Diputado en las célebres Cortes de Cádiz; el segundo y el cuarto en el orden de sucesión abrazaron el estado eclesiástico, ejerciendo su piadoso ministerio parroquial en la misma provincia donde nacieron, y el tercero, goza entre propios y extraños de reputación militar tan extendida, que su nombre a pesar de ser español y de este siglo, ha dado la vuelta al mundo, y la memoria de D. Tomás Zumalacárregui será siempre respetada por los militares españoles, que ajenos a las cuestiones de partidos y banderías políticas, estudien y aprecien los esfuerzos del caudillo español sin parar mientes en que cubriera su cabeza la boina carlista, ni tener en cuenta la simpatía o antipatía que a cada uno, según sus ideas, inspiré esta causa que tanta sangre ha derramado infructuosamente en las diferentes veces que ha acudido a las armas para hacer valer los que cree sus derechos.

A los cinco años empezó Tomás a asistir a la escuela de su villa natal donde adquirió los conocimientos incompletos de la antigua instrucción primaria, distinguiéndose entre sus condiscípulos por su carácter colérico, que aguantaba mal las contradicciones, y la excesiva viveza de su genio, tan pronto en dejarse llevar del enojo, como fácil en templarse y

reconocer con noble franqueza sus errores. Claro es que a su edad nuestro héroe jugaba a los soldados y asistía a las pedreas, como harían todos sus compañeros, hemos hecho nosotros y harán seguramente nuestros hijos, pero nos parece aventurado en extremo el deducir de estos hechos, como es ya costumbre antigua en todos los que escriben o relatan la vida de un general más o menos famoso, la afición a las armas y los presagios de gran fortuna en ellas, manifestados por los maestros, o por el que luego ha de ser héroe, y tanto más erróneo nos parece esto en el caso actual cuando hemos de hacer resaltar en el curso de nuestro trabajo, que más de una vez demostró Zumalacárregui deseos de trocar la activa carrera de las armas por los sedentarios y tranquilos placeres que proporcionan una familia querida y una posición independiente, en cuanto se puede serlo en este mundo. Por el pronto diremos que a los trece años salió de la escuela marchando a Idiazabal donde tenía un primo curial llamado D. Pedro de Orreta y en cuya casa entró con objeto de aprender la profesión de su pariente, honrosa en verdad, pero no muy afine con la carrera de las armas. Separado de su madre y fija su atención en el árido aprendizaje de la carrera curial, no es de extrañar que como asegura uno de sus biógrafos (1), se le viese *frecuentemente solo, melancólico y taciturno*, tomando rara vez parte en los juegos y algazaras de sus jóvenes compañeros, y eludiendo con maña *todas las ocasiones y compromisos que podían arrastrarle a forzar su voluntad y torcer su deseo*. Dos o tres anécdotas que se cuentan de esta época de la vida de nuestro héroe, prueban a ser ciertas, que efectivamente la altivez y fortaleza de su áspero y desabrido carácter no le permitían sufrir *ni las insensatas baladronadas de la vanidad, ni los necios arranques del orgullo*. Tres años permaneció Zumalacárregui al lado de su primo, pasando después a Pamplona a completar su instrucción, con el procurador del tribunal eclesiástico D. Francisco Javier de Ollo; al poco tiempo de conocerle, entabló relaciones amorosas con una hija de su principal, a la que andando los años hizo su esposa y madre de numerosa prole, de la cual sólo tres hijas sobrevivieron al padre.

Seis años largos de práctica en el estudio de los procuradores y correspondido su primer amor por la hija de uno de ellos, nos atrevemos a creer contra el parecer de todos los que antes que nosotros se han ocupado de este asunto, que las ilusiones y ensueños de Zumalacárregui, por aquél entonces, se limitarían a unirse en santo lazo y a suceder en la procuraduría al que había de ser más tarde su suegro, cuidándose poco

(1) Madrazo.—*Historia militar y política de Zumalacárregui*, Madrid 1844, página 5.

de las glorias militares y sin pensar, ni remotamente, que había de abandonar pronto la sosegada vida de curial, dando de mano a las notificaciones y pedimentos para empuñar un fusil en defensa de la patria. ¡Tan cierto es, que desde la cuna al sepulcro, no hay mayor arcano para el hombre que su propio porvenir, y que las circunstancias y acontecimientos al parecer más extraños al individuo, llevan a éste de aquí para allá violentando las más de las veces su carácter e inclinaciones!

Mediada estaba la primavera del año 1808, cuando se supo en Pamplona el alzamiento del pueblo de Madrid el día 2 de mayo, que no nos atrevemos a llamar glorioso, de miedo que se le crea por alguien, como uno de los tantos que con este adjetivo se han calificado en nuestro país de entonces acá.

Ocioso es de todo punto referir aquí las consecuencias inmediatas de aquella jornada; en las ciudades, lo mismo que en las aldeas, en los montes, como en los llanos, allí donde había hombre útil para empuñar un arma, allí tenían los franceses un enemigo activo: con una celeridad maravillosa para aquel tiempo, los hombres se reunieron en grupos más o menos numerosos, que sin perder tiempo, fueron organizando las juntas provinciales a semejanza de las unidades del pequeño ejército español. Navarra estaba completamente ocupada por los invasores, dueños de Pamplona, pero a pocas leguas, Zaragoza organizaba sus huestes y se apercibía al combate creando sus *tercios* que tanta gloria habían de alcanzar antes de terminar su instrucción. A Zaragoza se dirigió Zumalacárregui, y el día 8 de junio de 1808 fué filiado como voluntario en el *quinto tercio de Zaragozanos*, llamado después batallón del Portillo.

Ya tenemos a Zumalacárregui tomando parte activa, aunque muy secundaria, en la titánica lucha que nuestros abuelos empeñaron contra el gran capitán del siglo, pero sin que aún pueda fundadamente asegurarse, desconociendo por completo los móviles particulares que a tomar tal resolución le indujeron, que sentía dentro de sí, ese impulso irresistible que se dice sienten los grandes hombres empujándolos hacia la carrera o profesión que deben ilustrar con sus hechos. Antes al contrario y juzgar por acontecimientos posteriores de su vida, nosotros creemos que Zumalacárregui, como la inmensa mayoría de sus conciudadanos, obró a impulsos de causas generales, tal vez excitadas en él por su educación exclusivamente maternal y por las relaciones que debió adquirir en el estudio de Ollo durante su estancia en Pamplona, pues sabido es que el clero en aquella época, lo mismo que durante las guerras civiles posteriores, ha ejercido poderosa influencia en los pueblos aumentando en cantidad respetable el número de combatientes.

Al primer sitio de Zaragoza debió Zumalacárregui su bautismo de

fuego; con su batallón tomó parte en todos los combates que, para la defensa de la heroica ciudad sostuvo aquél, pudiendo apreciar por experiencia propia de lo que es capaz un pueblo cuando lucha por su independencia. Terminado este sitio como todos sabemos, asistió con su batallón a la desgraciada acción de Tudela, regresando a Zaragoza a donde pocos días después se dirigió el ejército francés, comenzando el segundo sitio, tan célebre en la historia. En la noche del 30, una crecida del Ebro, se llevó el puente de barcas que los franceses habían construido agua arriba de Zaragoza y que ligaba las fuerzas de ambas orillas. Palafox quiso aprovechar el tiempo en que las tropas enemigas estaban divididas, y el 31 de diciembre, a las ocho de la mañana, atacó la línea francesa de la orilla derecha, sin que el valor y los esfuerzos más desesperados bastaran para desalojar de sus obras a los franceses, a los que sin embargo se les causaron bastantes bajas.

El 31 de diciembre salieron los españoles mandados por el brigadier Gómez de Butrón contra Torrero, haciendo a los franceses en esta jornada más de doscientas bajas. Zumalacárregui formaba aquel día parte de una de las columnas que cortada del grueso de la fuerza por una columna francesa, fué hecha prisionera y con ella, como era natural, nuestro héroe. Pronto logró evadirse dirigiéndose a Ormaiztegui, donde permaneció reponiéndose de las fatigas pasadas, hasta que los guipuzcoanos, algo tardos en esta ocasión, siguieron el ejemplo de las demás provincias de España y se levantaron contra la dominación francesa. D. Gaspar de Jáuregui (a) el *Pastor*, comenzaba entonces a reclutar gente para su guerrilla y en ella se alistó Zumalacárregui.

No brillaba el buen D. Gaspar por su instrucción y no es de extrañar por consiguiente, que Zumalacárregui práctico en el manejo de papeles y con valor acreditado en Zaragoza y Tudela, fuese recibido por aquel guerrillero con los brazos abiertos, y nombrado por él su secretario particular, mezcla de jefe de Estado Mayor e intendente que vemos nacer y desarrollarse, a veces con perjuicio del caudillo, en todas las guerrillas nuestras apenas alcanzan un número regular de alistados.

Cuéntase, y de ser cierto, honra en verdad al nuevo secretario, que avergonzado de que su jefe no supiera escribir se propuso enseñarle y llegó a conseguirlo, a pesar de que el género de vida que ambos traían no era el más a propósito para dar cima a semejante empresa. No es ocasión de reseñar las operaciones de esta guerrilla: los nombres de Aspiróz, Oyarzun, Tieba, Santa Cruz de Campezu y el Carrascal forman con otros que omitimos, el glorioso historial de estas fuerzas que sin obtener nunca sobre el enemigo resultados decisivos le iban mermando diariamente, sin dejarle punto de reposo. En Guipúzcoa, como anteriormente había

sucedido en las demás provincias, y como es lógico suceda en toda insurrección no vencida al nacer, con las guerrillas se formaron batallones y con estos regimientos. Al primero de infantería de Guipúzcoa pasó Zumalacárregui en los primeros días de abril de 1810 y con él asistió a las acciones de Villareal, puente de Belascoain y Unzua (septiembre 1810), Irurzun, Urrestilla, Ataun y Azcoitia (1811) y a las de Arechavaleta, Vergara, Loyola, Villareal de Zumárraga, Segura y Azcoitia (1812).

A fines de este año, deseando los jefes y oficiales de este regimiento, obtener de la Regencia los despachos de sus respectivos empleos, con objeto de legalizar su situación y figurar en el escalafón del arma de infantería, comisionaron a Zumalacárregui a fin de que pasara a Cádiz y aprovechándose de la circunstancia de ser su hermano D. Miguel diputado de aquellas célebres Cortes, consiguiera lo que el cuerpo de Oficiales del Regimiento de Guipúzcoa deseaba. Cumplidamente evacuó Zumalacárregui su comisión, pues en la segunda mitad del año 1813 se incorporaba a sus banderas, habiendo conseguido lo que sus compañeros pretendían y además para él, el empleo de capitán efectivo, con destino al propio Regimiento.

Lo mismo que marcharíamos sobre una barra de candente hierro, nos hemos propuesto tocar los acontecimientos políticos relacionados con el personaje objeto de este trabajo, decididos como estamos a ocuparnos sola y únicamente de sus hechos militares, pero a fuer de narradores imparciales, debemos hacer notar que tanto la entrada de Zumalacárregui en el cuerpo de oficiales del ejército español como su prematuro ascenso a capitán, los debió a la influencia y valimiento de su hermano, partidario ardiente hasta los últimos días de su vida, de las ideas políticas más avanzadas en su época. Vemos, pues, que cinco años, ni completos ni consecutivos de campaña, bastaron al aprendiz de procurador para alcanzar un empleo que, entonces como ahora, es para la generalidad de los oficiales, procedentes de la clase de tropa, el término de su carrera, y esto sin que sus biógrafos puedan señalar hecho alguno distinguido ni nosotros podamos suponer otra cosa en su favor, sino que cumplió sus deberes como bueno.

Unido ya a su Regimiento, participó de las glorias de éste en Ducarga, Irruzain, Saciola, Mendaro, Salinas y sitio de San Sebastián, teniendo la suerte de no ser testigo de las terribles escenas con que nuestros aliados mancharon su nombre y redujeron a cenizas la ciudad más importante de Guipúzcoa, por haber marchado pocos días antes a incorporarse al cuarto ejército que se cubrió de gloria en los campos de San Marcial y Soloya. A la división guipuzcoana de que formaba parte Zumalacárregui, correspondió la guarnición de la ciudad arrasada y allí

cuenta uno de sus biógrafos que se consagró nuestro héroe al *estudio concienzudo y profundo de la táctica*, pasando al poco tiempo a Tolosa de capitán archivero de la Capitanía General de Guipúzcoa, recientemente creada.

Restablecida la paz en España continuó en su puesto hasta que por recomendación del general D. Carlos de Areizaga obtuvo el mando de una compañía del Regimiento de infantería de Borbón (1.º de septiembre de 1815) y licenciado éste, pasó en su emplazo al de Vitoria (1.º de julio de 1818) y en 1.º de marzo de 1821 al Regimiento de las Ordenes Militares, 33 de línea en aquel tiempo. Mientras servía en el Regimiento de Vitoria, pidió y obtuvo real licencia para contraer matrimonio con doña Pancracia del Ollo, a cuyo efecto vino desde Zamora a Pamplona en 1820.

En esta época fija uno de sus biógrafos (1) aquélla en que nuestro héroe cuya instrucción militar debía ser muy escasa, se dedicó por completo al estudio del arte de la guerra con tan gran aplicación, que raras veces *tomó en sus manos libro que tratase de otras materias*, dedicando al estudio todo el tiempo que le dejaba libre el servicio y distinguiéndose entre sus compañeros por la gran firmeza de su carácter inflexible.

Un año había transcurrido desde el restablecimiento del sistema constitucional, cuando los compañeros del cuerpo de Zumalacárregui, le acusaron de desafecto al régimen y sistema representativo, pidiendo a la Autoridad fuese expulsado del cuerpo. Excusado es decir que semejante instancia fué resuelta *como se pedía*, y más excusado nos parece a nosotros el protestar contra la conducta de aquellos Oficiales, por más que fuesen ciertas, como creemos, las razones en que la apoyaban y que arrepentidos de ella solicitasen acto seguido la reposición del expulsado Capitán, que volvió al poco tiempo a encargarse de su compañía.

Corría el año 1821 y Zumalacárregui continuaba con su regimiento de guarnición en Zamora cuando el gobierno constitucional decretó que se premiase a los Oficiales del Ejército que voluntariamente lo desearan y fuesen acreedores a esta gracia, con destinos en rentas y plazas en la administración militar. No una, sino varias solicitudes hizo Zumalacárregui pretendiendo el pase a Administración Militar, todas las cuales quedaron sin curso, porque *no aprobando su hermano D. Miguel su resolución, por no querer que se marchitasen en flor las esperanzas que su genio y su valor le habían hecho concebir, empleó todo su influjo para que no se diera curso a las pretensiones del Capitán, y todas fueron denegadas* (2).

(1) Zaratiegui.— *Vida y hechos de D. Tomás Zumalacárregui*. París 1845 y Madrid 1845, páginas 35 y 36.

(2) Madrazo, página 24.

Vemos, pues, que nuestro héroe, a pesar de haber estudiado con fruto el arte de la guerra y de su rápida carrera militar, prefería a la vida activa y aventurera del militar de filas, la más cómoda, sedentaria y desahogada del empleado, y no parece sino que el hermano mayor era el que presentía los triunfos de nuestro héroe, que desconociendo su mérito, se empeñaba en no ser grande hombre, limitando sus aspiraciones a ser jefe de su familia y empleado en la administración, y si no fuera por el justo temor de que se nos tache de prolijos, repetiríamos lo que en las páginas anteriores dejamos dicho acerca de este asunto, sobre el cual no será tampoco esta la última vez que llamemos la atención del que nos lea.

En junio de 1822 vino Zumalacárregui con su Regimiento desde Ciudad Rodrigo a Pamplona, y a los pocos días, ocurrió el levantamiento realista de Navarra, a cuyo frente se puso el general Quesada. Zumalacárregui, tachado con razón de desafecto al sistema constitucional, fué separado del mando de su compañía y enviado con otros dos Oficiales de su cuerpo a disposición de López Baños, Comandante General de Alava, siendo detenidos los tres en Huarte Araquil por una partida de facinerosos, mandada por un carnicero de Tolosa, asesino y ladrón en gran escala, por más que se apellidase *defensor de la fe*.

Cuentan y es creíble, que éste despojó a los tres Oficiales de cuanto contenían sus maletas, conduciéndolos después a donde se hallaba Quesada con quien conferenciaron, quedando conformes en que Zumalacárregui y sus compañeros volviesen a Pamplona convenientemente escoltados con objeto de atraer a las filas realistas algunos Oficiales de aquella guarnición, entre los más conocidos por sus ideas monárquicas. Niega Madrazo este aserto que con sencillez suma cuenta Zaratiegui, y cuya opinión seguimos como la única que da explicación clara y lógica al hecho de haber desaparecido a los pocos días Zumalacárregui y sus compañeros, presentándose en Almandoz a Quesada el día 22 de agosto, y que Madrazo cubre con un *velo misterioso*, rumores de un duelo y algunas reticencias, que en nuestro ánimo demuestran todo lo contrario de lo que el autor o tal vez su inspirador se propuso; sea cual fuere la causa, lo cierto y verdad es, que en su hoja de servicios se leen las siguientes palabras: «....en 5 de julio pasó a la plaza de Pamplona, de orden del general de la división Real de Navarra D. Vicente Quesada, con objeto de atraer al partido del Rey la tropa de su regimiento que pudiese conseguir. Así lo verificó y evacuó su comisión en la mejor forma posible, pero el 18 de agosto salió de dicha plaza acosado del inminente peligro en que se miraba y se incorporó de nuevo, etc., etc.», y que el general Quesada, dió a Zumalacárregui el grado de Teniente Coronel y el mando del segundo

batallón ligero de voluntarios de Navarra, del cual se encargó el mismo día y cuyo mando conservó mientras duró la campaña, concurriendo con él a la acción de Bolea (3 de septiembre) y el 18 del mismo mes a las de Tolva y Benabarre, donde por medio de una maniobra tan útil como oportuna logró envolver el ala derecha del ejército constitucional apoderándose de dos piezas de a cuatro y de un gran repuesto de municiones, por cuyos hechos mereció ser eficazmente recomendado por el general Quesada. Siguió después la división realista por el alto Aragón y Cataluña, concurriendo a las acciones de Tous, Barbastro y alturas de Ventric (14 a 16 de octubre) y de vuelta a Navarra, a la tan funesta para los realistas de Nazar y Asarta, posiciones en las que años después hemos de encontrar a Zumalacárregui haciendo sus primeras armas contra el ejército cristino. Esta derrota obligó a Quesada a abandonar el mando de la división de Navarra, reemplazándole D. Carlos O'Donnell, venido al efecto de Francia, el cual reservando para su seguridad el segundo batallón por ser el más completo y disciplinado, dividió sus fuerzas hasta el extremo de no poder intentar nada serio, mientras que por el contrario los liberales, pudieron aumentar el número de sus columnas y con ellas activar eficazmente la persecución. Viendo O'Donnell el mal resultado de sus planes de campaña, resignó el mando en D. Santos Ladrón, que apenas se encargó de él, cuando reuniendo las dispersas partidas y haciendo frente a las columnas que le iban al alcance, trabó con ellas reñido combate en el puente de Muniain, cuyas posiciones tuvo que abandonar, retirándose hacia el valle de Berrueza. A los dos días de esta acción intentó Zumalacárregui sorprender a tres compañías que guarnecían a Estella, dirigiéndose con su batallón a este punto y logrando penetrar en él, sin ser sentido, por el portal de Lizarra hasta la plaza de Santiago, donde fué recibido a tiros por las fuerzas liberales que con tanto valor y bizarría se defendieron que obligaron al batallón realista a emprender su retirada, amenazado ya por una columna salida al efecto de Pamplona. Por aquel tiempo le encomendó D. Santos Ladrón la custodia de la junta realista que vagaba por las montañas de Salazar y Aezcoa y a la que perseguía entre otras la columna Salcedo. Sabedor Zumalacárregui la noche del 1.º de marzo, que aquel jefe había pasado el puente de Arike con ánimo, al parecer, de sorprender la junta realista que se hallaba a la sazón en Abaurrea, tomó sus precauciones e hizo marchar a los vocales hacia el puerto de Areta cubriendo la retirada con su batallón sin disparar un arma y con pérdida sólo de tres prisioneros. Este suceso se interpretó entre los mismos realistas, comentándolo a su placer y haciendo correr la voz de que Zumalacárregui se había dejado sorprender en Abaurrea. A este calumnioso rumor, contestó Zumalacárregui publican-

do en el periódico navarro, *La Verdad contra el error*, un comunicado en que relata detalladamente el hecho e íntegro inserta Madrazo en las páginas 37 y 38 de su obra, y que no copiamos, por carecer de importancia para nuestro objeto; bástanos observar que el lenguaje no es el más escogido ni propio para el caso, y que en el fondo y en la forma es buena muestra de la ruda franqueza con que siempre se expresó su autor de palabra y por escrito. Nueve días después de este suceso, pasó con su batallón a Francia para recoger el armamento y equipo que para toda la división estaba preparado, regresando a Roncesvalles a tiempo de tomar parte en la brillante victoria que el Larrasoaña (26 marzo 1823) alcanzó D. Santos Ladrón a favor de forzada marcha, sobre el ejército constitucional, que fué perseguido en su desastrosa retirada hasta los muros de Pamplona, en cuya ciudad se encerraron sus soldados presurosos y tan quebrantados, que les fué imposible evitar que a los tres días y por espacio de diecinueve, estuviese completamente bloqueada tan importante plaza, por sus perseguidores. La entrada de las tropas francesas fué ya segura señal del triunfo de los realistas, y a la vanguardia del segundo cuerpo de ejército que mandaba el general Molitor, fueron destinados los batallones 2.º y 3.º de Navarra que mandaba el brigadier D. Santos Ladrón; entrando el 26 de abril en Zaragoza en cuyos arrabales se alojaron los batallones navarros hasta 1.º de mayo en que salieron a recorrer el alto Aragón, recibiendo Zumalacárregui de su brigadier la orden de sitiar, con cinco compañías, el castillo de Monzón. Relevado a los nueve días, se incorporó a su brigada en Tamarite asistiendo a la acción de este nombre (17 junio 1823), que dió por resultado inmediato la toma de Monzón, y el bloqueo de Lérida que terminó el 31 de octubre por la rendición de la plaza. Zumalacárregui además de concurrir a estos hechos y otros de menor importancia fué constantemente el destinado con su batallón a correr el campo y perseguir las columnas liberales, mereciendo citarse entre estas expediciones, una de quince días contra la columna de caballería que mandaba el general San Miguel; a la cual derrotó, dispersándola por completo. Tras de estos triunfos parciales y otros en que no tomaba parte nuestro héroe, viene por fin el triunfo general y como en semejantes casos acontece y acontecerá, los traidores de la víspera fueron leales al siguiente día y los vencidos tuvieron que buscar en tierra extranjera la seguridad personal que su patria les negaba.

Uno de los primeros actos del nuevo ministro de la Guerra, fué disolver algunas de las divisiones realistas y entré éstas fué una de las primeras la de Navarra, harto mermada ya en su fuerza, por haberse retirado a sus casas gran número de los que la componían, después de la rendición de Pamplona, en cuya plaza se les prohibió entrar por motivos

que ignoramos. Con la fuerza de ella presente y alguna otra de los batallones que habían ido a la expedición de Aragón y Cataluña, se formó un batallón provisional, para cuya organización y mando se escogió entre todos los comandantes de ella, al del segundo batallón, cuya entereza extremada, probidad y esmero en el cumplimiento de sus deberes, triunfaron de las arterías y amaños empleados para desacreditarle por sus mismos compañeros, a quienes disgustaba aquel aire de superioridad, que al decir de los que le conocieron, poseía Zumalacárregui, no menos que el haber sido el favorito y confidente de Quesada y haberle distinguido también los sucesores de éste en el mando de la división navarra, general D. Carlos O'Donnell y brigadier D. Santos Ladrón. Los hechos posteriores acreditan sobremanera lo justo y merecido de esta reputación de organizador y dotes de mando que desde aquella época empezó a disfrutar Zumalacárregui. Seis meses escasos le bastaron para crear e instruir el nuevo batallón provisional, dando en esta tarea nuevas pruebas del tesón, energía y fuerza de voluntad que en tan alto grado poseía. Su instrucción militar debió también aumentar bastante, no sólo por que al dar vida a este nuevo cuerpo, se le presentarían nuevas cuestiones que estudiar y resolver, sino que también la presencia y compañía del ejército francés era un ejemplo constante que no desperdiciaría la ocasión de observar e imitar en provecho propio el comandante Zumalacárregui. Como prueba de esto, diremos que el nuevo batallón rivalizó muy pronto en brillantez e instrucción con el mejor de los de su clase en nuestro ejército.

Por la organización que a fines del mismo año 1824 se dió al ejército español pasó el nuevo batallón, fuente ya de más de 500 plazas, a formar parte del ejército permanente con el nombre *Regimiento infantería de voluntarios de Aragón. 2.º ligero*, quedando sin empleo su comandante, que ofendido y con razón de tal desaire, se retiró a Pamplona con licencia ilimitada.

Contado será entre nuestros lectores aquél que no haya oído relatar o tenga en su familia algún recuerdo triste de la tiránica arbitrariedad con que el nuevo gobierno se dedicó a exterminar a sus vencidos adversarios: para cubrir con un hipócrita velo de justicia este opresor procedimiento, se establecieron las célebres comisiones militares ejecutivas y permanentes, dándolas un reglamento especial tan duro y arbitrario, que hasta los mismos encargados de aplicarle, suscitaban dudas a cada paso con el laudable fin de aplazar, ya que no les fuere dado impedir la aplicación de la pena en la mayor parte de los casos. A la de Pamplona y con el cargo de vocal perteneció Zumalacárregui desde el 9 de noviembre de 1824 hasta el 4 de agosto de 1825 en que fué disuelta, siendo en-

tonces destinado a mandar en comisión el *Regimiento infantería cazadores del Rey. 1.º ligero*, confiriéndole al propio tiempo el empleo de teniente coronel con la antigüedad de 22 de agosto de 1822, en que como dejamos dicho, se incorporó a la división Quesada. El regimiento, de guarnición en Huesca pasó después a Zaragoza y Madrid y en todas partes fué modelo de subordinación, disciplina, instrucción y policía. Destinado a principios del año 1827 al ejército de observación del Tajo que mandaba Sarsfield, y nombrado coronel en propiedad D. Clemente Madrazo Escalera, Zumalacárregui se encargó de la tenencia coronela que desempeñó con la misma solicitud y cuidado que había mandado el propio cuerpo anteriormente. Luego que este regimiento se aproximó a Portugal desertaron de él 29 soldados, cuyo suceso fué causa de que los cuatro jefes del regimiento fuesen separados del mando, si bien al poco tiempo Zumalacárregui pasó en su empleo al *Regimiento del Príncipe, 3.º de línea*, de guarnición en Zaragoza, donde continuó prestando el servicio de su clase, hasta que con ocasión de la vuelta del Rey a Madrid, tuvo el regimiento la honra de maniobrar delante de la Real familia en el campo del Sepulcro y Zumalacárregui la de oír de boca del monarca las más lisonjeras palabras, siendo promovido al empleo de coronel y destinado en 1.º de febrero de 1829 a mandar el *Regimiento voluntarios de Gerona. 3.º ligero*. Por Real orden de 16 de marzo del propio año, se le nombró inspector en comisión de los cuerpos de inválidos del Reino de Valencia, en cuya ciudad continuó de guarnición dedicándose con entusiasta actividad a perfeccionar la instrucción y disciplina de las tropas puestas a sus órdenes, que pronto adquirieron justo renombre entre los demás cuerpos del ejército, sin descuidar por esto con particular esmero la exacta asistencia del soldado, hasta el punto de ir a reclamar del intendente fondos para su regimiento llevando a éste con armas y a deshora y amenazando con no responder de él por que le faltaban tres días de sobras. Este hecho que hoy nos parece extraño y que indudablemente ahora hubiese por lo menos costado su destino al coronel, tiene carácter de época y es un buen rasgo para apreciar el del protagonista. No así la otra anécdota que de éste se cuenta reducida sencillamente a hacer cortar el pelo, por el barbero de la compañía, a un capitán de su regimiento, por el grave delito de reincidencia en llevarle largo. Se nos olvidaba añadir que el sufrido capitán era napolitano.

El matrimonio de Fernando y Cristina fué causa de que Zumalacárregui viniese a Madrid con su regimiento a fines del mismo año 29, donde se distinguió y llamó la atención entre todos los cuerpos por su porte y aire marcial, fruto de la instrucción y cuidado de su primer jefe. Todos los coroneles con mando de regimiento que concurrieron a la cere-

monia fueron ascendidos a brigadieres, excepción hecha de D. Tomás Zumalacárregui, que no sacó de tal función, más que una caída del caballo que montaba y de la cual se resintió en lo sucesivo. Cuál fuera la causa que motivase tal excepción no se nos alcanza, a no ser el poco tiempo que llevaba en el empleo de coronel, pues aún no había transcurrido un año desde su ascenso a este empleo. De todos modos, el amor propio de Zumalacárregui se vió mortificado con semejante desaire y en el seno de su familia y amigos se quejó repetidas veces de haber sido objeto de tan inesperada exclusión. Terminadas las fiestas reales, volvió con su regimiento a Valencia, donde continuó de guarnición hasta que, fué destinado a mandar el Regimiento de Extremadura, 14 de línea, de guarnición en Galicia, a donde se trasladó inmediatamente, marchando con un batallón al Ferrol, de cuya plaza fué nombrado gobernador interino por el capitán general de Galicia, D. Nazario Eguía.

Nuevo horizonte se abrió ante Zumalacárregui, honrado con la confianza de Eguía, para dar a conocer las dotes de mando que poseyera, no limitado éste ya al de un regimiento en el que siempre hay una tradición de obediencia y honor que ayuda poderosamente al jefe que sabe y quiere mantener en sus subordinados el buen espíritu militar y la satisfacción interior que tanto recomienda la Ordenanza.

El coronel que oyó del inspector Llauder que su regimiento era el único en que no se veían faltas, era y con razón el escogido por Eguía para llevar a cabo las comisiones más peligrosas y difíciles, haciéndole vivir, según confesión propia, *«desvelado y tan ocupadísimo, que no puedo robar ni el tiempo suficiente para el preciso descanso»*. Una de aquéllas, tal vez la más importante, fué la persecución de una antigua compañía de ladrones que estaba ejerciendo impunemente su industria en el país. Con decir que los principales socios de esta compañía anónima eran los hombres de más prestigio, más temibles y más ricos del país, *«que la asociación tenía sus reglas y estatutos, su administración para el gobierno de los intereses, salarios fijos, dotaciones y pensiones para las viudas»* y sentado juramento los consocios de morir antes que descubrirse, se comprenderá de sobra lo difícil y peligroso de la empresa conferida a Zumalacárregui, a quien ni las dádivas ni las amenazas que directa e indirectamente se le dirigieron, pudieran quebrantar su voluntad ni torcer su deseo de descubrir y castigar a los autores, cómplices y encubridores de tan numerosos delitos. Al efecto, empezó por nombrar un fiscal de cuya integridad estaba seguro, fijando su elección en el teniente coronel graduado D. Miguel Casanova, que residía en la plaza como indefinido, por haber sido *impurificado* por liberal, rasgo que demuestra que Zumalacárregui no era de aquellos realistas intransigentes, y que buscaba el hombre que para su

objeto necesitaba sin parar mientes en la opinión política del elegido. ¡Sabia conducta tan digna y lógica como poco imitada! Empezada a instruir la correspondiente sumaria, pocos días tardó el nuevo gobernador en tener asegurados en el castillo de San Felipe hasta cuarenta de aquellos malvados, entre ellos su capitán, acaudalado comerciante, que conducido a Santiago con sus cómplices y juzgado por la comisión militar, sufrió con éstos la pena correspondiente a la gravedad de su delito.

Indudablemente el servicio que con su entereza y tesón prestó Zumalacárregui a la parte honrada de la población ferrolana fué de gran importancia y así nos complacemos en consignarlo aquí, tanto más, cuanto influyó bastante en el porvenir de aquél, pues cuantos estaban interesados en el negocio que explotaban hacía veinte años la misteriosa compañía, fueron otros tantos enemigos ocultos, pero no despreciables, que a toda costa procuraron obtener por cualquier medio el traslado o relevo del gobernador que con pasmosa actividad y desconocido celo amenazaba con exterminar hasta el último miembro de tan perniciosa sociedad.

Los antecedentes políticos de éste, en oposición con el nuevo sistema de gobierno inaugurado por María Cristina que tanto provocaba el enojo del bando absolutista, fueron los que explotaron con éxito completo aquéllos que se propusieron derribarle. Para ello extendieron la voz por la ciudad de que el regimiento de Extremadura, cuyos soldados tenían fama de ser los *más* realistas del ejército, trataba de sublevarse proclamando rey de España a Carlos V, avisando al propio tiempo al comandante general de Marina de aquel departamento de que se trataba de incendiar el navio *Soberano*, sorprendiendo a media noche la tropa de la brigada real de infantería y apoderarse de ciertos sujetos para al amanecer del siguiente día, 21 de octubre, consumir la sedición. En vista de estos avisos, el comandante del apostadero se encerró en el arsenal con todos sus oficiales y fuerzas disponibles, oficiando a Zumalacárregui dándole cuenta de las providencias tomadas, que esperaba apoyaría éste como gobernador interino, apoyo que éste le ofreció de buena fe y sin sospechar que la supuesta sublevación había de ser la causa de su relevo. Unido a sus oficiales vigiló toda la noche del 20, y viendo lo infundado de los recelos que abrigaban los marinos trató infructuosamente de desvanecerlos poniendo todo lo ocurrido en conocimiento del Capitán General de Galicia, y el 23 recibió su contestación en la que se manifestaba agradecido por el celo desplegado en esta ocasión por Zumalacárregui y encargándole procurase marchar de acuerdo con la autoridad marítima. Así terminó esto, al parecer, publicándose un bando firmado por ambas auto-

ridades, haciendo ver al pueblo que ni existía ni había existido anteriormente motivo alguno para creer que pudiera alterarse el orden. No contento con esto, Zumalacárregui elevó a la Reina, por conducto regular, representaciones documentales aclarando este hecho y en averiguación de las causas que le habían producido y sucesos de aquellos días, *mandó* instruir la correspondiente sumaria, que demostró palmariamente la inocencia del gobernador. A pesar de esto el Capitán General de Galicia, Conde de Cartagena, le mandó entregar el gobierno militar y político al comandante de Marina y que se trasladase a Vigo con el primer batallón en relevo del 2.º, que pasó al Ferrol. Apenas llegado a aquel punto recibió la orden en que se le separaba del regimiento, destinándole a mandar el de Africa, 6.º de línea, de guarnición en Sevilla, de cuyo destino no llegó a tomar posesión, pues por Real orden de 12 de noviembre se dispuso que el coronel Zumalacárregui permaneciese por entonces sin mando alguno.

Trasladóse Zumalacárregui con su familia a Madrid, a donde llegó el 8 de diciembre a esperar la resolución de la instancia, que como dejamos expuesto, había dirigido a la Reina sobre los sucesos del Ferrol. Aburrido o desesperado por la tardanza en el despacho de su expediente, escribió a su hermano una carta fecha 2 de enero 1833, en que después de darle cuenta de su situación pasa a hacerlo de sus proyectos, y termina el párrafo con estas palabras: *porque ya no deseo más que estar en un rincón donde pueda vivir tranquilamente, libre de las tempestades políticas y de las agitaciones del mundo y dar allí la debida educación a mis niñas* (1). ¡Quién había de decir que antes de finalizar el año en que estaba fechada esta carta, sería el mismo que la escribía, jefe de los agitadores de su patria, tomando activa y principal parte en la tempestad política, que desencadenada a la muerte de Fernando VII, aún nos inquieta y destruye a la hora y cerca del sitio en que escribimos estas líneas!

Por fin se ultimó el expediente, y en 14 de marzo el Consejo Supremo de la Guerra acordó: «que la conducta del referido D. Tomás Zumalacárregui ha sido en la época o en los días en que se trata de este expediente, la de un fiel militar adicto al Rey nuestro señor, y que por esta razón es acreedor a que sea repuesto en el mando de su regimiento o de otro cualquiera, etc., etc.» lo que se confirmó por Real orden del 10 de abril del propio año. Fundado Zumalacárregui en esta real resolución, solicitó del gobierno, que mientras el inspector de infantería tuviese a bien darle colocación activa, se le trasladase a Pamplona la licencia ilimitada que estaba disfrutando en Madrid. Negada le fué esta instancia y

(1) Madrazo, pág. 97.

además se le notificó verbalmente que en mucho tiempo no se le daría mando de cuerpo. Cansado ya de sufrir desengaños en la Corte y aburrido sin duda con tanta contrariedad, solicitó su retiro para Pamplona a donde llegó en los primeros días de junio de 1833. Antes de salir de Madrid, los jefes de la conspiración carlista que ya se agitaban esperando el momento oportuno de levantarse en armas, trataron de aprovecharse del estado de Zumalacárregui para atraerle a su bando, cosa a nuestro entender que no les costaría gran trabajo conseguir, y nuestro coronel tuvo varias conferencias con ellos y hasta una con el Infante que aceptó los servicios y la espada que Zumalacárregui le ofrecía.

No falta quien asegura y en nuestra opinión con error manifiesto, que el no haber obtenido Zumalacárregui el empleo de brigadier cuando se verificó el último matrimonio del Rey Fernando y el haberle negado más tarde el mando de un regimiento, fueron los móviles que le impulsaron a abrazar con entusiasmo la causa carlista. Pero a poco se reflexione sobre los antecedentes de Zumalacárregui, se verá que su carácter, su educación y hasta su mismo matrimonio, así como su conducta en los años 22 y 23, demuestran bien a las claras sus ideas absolutistas, y que siendo a la sazón el Infante D. Carlos el genuino representante de ellas, con él y por él, debía Zumalacárregui desenvainar su acero en la lucha que debía empezar el día que Fernando VII bajase al sepulcro. Con fe ciega en la bondad y justicia de la causa carlista, no necesitaba nuestro héroe el aguijón del desaire para sacrificarse por ella o triunfar con sus parciales. No tiene bastardas ambiciones el hombre que hacía pocos meses deseaba tan sólo educar debidamente a su prole, que en más de una ocasión había pretendido abandonar las filas del ejército, para dedicarse a más tranquilas ocupaciones, y esto cuando no sólo no había sufrido desaire alguno, sino que debía encontrarse muy satisfecho de su rápida carrera militar. No pretendemos manchar su memoria, suponiéndole uno de esos hombres que dominados por una ambición desmedida, ponen su espada al servicio de quien mejor la pague. No; en aquella época las antiguas tradiciones absolutistas y las nuevas ideas liberales, se aprestaban a la lucha franca y tenaz; el Infante D. Carlos y la Reina Cristina eran, tal vez sin darse cuenta de ello y por la fuerza de los hechos, sus legítimos representantes; permanecer neutral era muy difícil para todo español y vergonzoso e imposible, para los que vestían el uniforme militar; era preciso esgrimir el acero en uno de los dos bandos, y al elegir Zumalacárregui el carlista, fué consecuente con sus ideas, con sus compromisos particulares y con los hechos todos de su vida anterior. No hay por consiguiente necesidad de buscar ocultas o maliciosas causas para explicar un hecho que tenía forzosamente que suceder y que no es difícil es-

tuviere previsto, cuando a pesar de sus buenos servicios, no estaba el Ministro de la Guerra, dispuesto a entregarle el mando de un cuerpo en mucho tiempo, nueva prueba de que en vez de ser esta negativa la causa determinante de afiliarse Zumalacárregui en las filas carlistas, fueron sus conocidas ideas absolutistas, el motivo de no continuar al frente de su regimiento.

II

1833-1834

Conocidos son de todos los españoles y previstos estaban por nuestros padres, los desgraciados acontecimientos que sobrevinieron a la muerte del Rey Fernando.

De largo tiempo apercibido el bando carlista a la lucha, auxiliado fuertemente por la gran mayoría del clero y por los antiguos voluntarios realistas, no podía tardar en oírse el grito que iba a envolver a España en sangrienta y prolongada lucha más que el tiempo preciso para que la noticia del fallecimiento del monarca llegase a las distintas provincias de España; ocurrido éste a las tres de la tarde del 29 de septiembre de 1833, la noche del 2 de octubre se presentó en Talavera de la Reina el primer síntoma de insurrección carlista. Al siguiente día Bilbao y tras esta villa Vitoria, Logroño, Orduña y otros puntos de las provincias vascongadas, cuyos habitantes temiendo que la unidad constitucional lastimase sus antiguos y venerandos fueros, tomaron parte decididamente por D. Carlos, que enemigo de toda innovación, parecía ofrecerles prenda segura de respetar sus formas de gobierno y administración.

Pujante y temible empezó la insurrección carlista, pero la falta de armas y municiones y sobre todo de una organización militar sencilla, pero apropiada a su objeto, deshizo prontamente aquellas numerosas huestes, regresando a sus hogares la mayor parte de los que las formaban. Derrotado, preso y fusilado en Pamplona D. Santos Ladrón, único jefe de influencia en Navarra, cuyo vacío no podía llenar por falta de condiciones para el caso su sucesor Iturralde; encargado del mando del ejército liberal el general Valdés que con inteligencia y perseverancia acosaba incansable a las partidas carlistas obligándolas a guarecerse en lo más escondido de las montañas navarras, la guerra hubiera podido tal vez terminarse en poco tiempo con un poco más de actividad y decisión en los jefes superiores del ejército liberal, a menos que un acontecimiento imprevisto, hiciese cambiar la marcha aparente de los sucesos.

Continuaba entonces residiendo en Pamplona el coronel Zumalacá-

rregui, dedicado exclusivamente al cuidado de su familia y distrayendo sus ocios con la escopeta, que le proporcionaba la diversión y el ejercicio a que era más aficionado y al que dedicaba siempre todo el tiempo que le dejaban libre sus obligaciones.

La noticia de la muerte del Rey Fernando, vino a recordarle su compromiso con el Infante D. Carlos y se apercibió para la lucha, en tanto recibía las órdenes oportunas para emprenderla. Los días pasaban y la orden no llegaba y nuestro héroe devoraba su impaciencia lamentándose amargamente del olvido en que le tenían sus amigos y correligionarios. Prisionero ya D. Santos Ladrón, dirigió Zumalacárregui a Eraso una comunicación quejándose del proceder que con él habían tenido los jefes carlistas, cuyo escrito fué contestado afectuosamente, dándole toda clase de satisfacciones y mandándole saliese inmediatamente de Pamplona y procurase dar a la campaña carlista la dirección que con tanta urgencia necesitaba. Por aquéllos días recibió otro escrito de Uranga anunciándole que se había proclamado a Carlos V en Salvatierra, donde esperaba que al punto marcharía a unírsele, y efectivamente el mismo día salió de Pamplona Zumalacárregui, llegando antes de las doce a Huarte-Araquil, donde pernoctó, conferenciando largamente con el cura Irañeta, párroco del pueblo y con D. Luis Mongelos, personas ambas que tenían bastante influencia en aquel valle, y en su compañía, continuó al día siguiente su marcha, no por el valle de la Burunda en dirección a Salvatierra, donde le citaba en su oficio el brigadier Uranga, sino hacia el valle de Berrueza, en busca del jefe de la facción navarra don Francisco Iturralde, a quien encontró en Piedra Millera y con quien los tres viajeros tuvieron larga plática. Durante ésta, circuló por el pueblo la noticia de haberse incorporado a la facción un coronel de ejército y la curiosidad atrajo a la puerta del alojamiento del jefe carlista la inmensa mayoría de la gente que aquel día ocupaba el pueblo, con objeto de reconocer al recién llegado, pero cuando llegó el instante en que éste salió de la casa, los grupos se disolvieron al ver que les era completamente desconocido, y solamente algún oficial pronunció entre dientes el apellido de nuestro héroe, que tanta celebridad debía alcanzar más adelante, como indiferente era en aquel momento a los voluntarios y paisanos reunidos en Piedra Millera.

Con no escasa oportunidad, se había incorporado Zumalacárregui a la facción de Iturralde. Hombre éste, al parecer de buenos deseos, pero dotado de escaso talento y poco tacto para el mando, se había indisputado con el elemento civil que deseaba a todo trance organizarse de un modo análogo al que con ventaja para la causa tenía el partido carlista en las provincias vascongadas: con este pretexto y el de pedir a las diputacio-

nes vascas dinero, armas, municiones y recursos de toda especie para continuar la guerra propusieron las personas influyentes a Iturralde y éste aprobó en el acto, la idea de mandar una comisión compuesta de Zumalacárregui, Sararno, Marichalar y Echevarría a Vitoria y Bilbao, de cuyas gestiones esperaban grandes y provechosos resultados para la organización de las fuerzas carlistas en Navarra. Nada pudieron conseguir los comisionados ni de Verástegui en Vitoria, ni de Valdespina en Bilbao, regresando al lado de Iturralde bastante desanimados por el poco fruto de su viaje pero decididos a hacer que Zumalacárregui tomase el mando de las fuerzas navarras, fundándose para ello en su mayor graduación en el ejército, aunque Iturralde llevaba más tiempo en las filas carlistas. ¿Era Zumalacárregui extraño a estos manejos? No tenemos prueba alguna para suponerle cómplice de los planes de sus compañeros de viaje; sin embargo, indicios vehementes aparecen de que por lo menos asentía a ellos.

Y si no, cómo se explica el que a pesar de ser vascongado no accediera a las repetidas instancias, que al decir de sus biógrafos, se le hicieron en Alava y Vizcaya para que se quedase a servir allá a las órdenes de los brigadieres Uranga o Zabala y prefiriese venir a Navarra siendo Iturralde de menor graduación que él? ¿No preveía que el conflicto debía producirse inmediatamente y que, o tenía que resignarse a estar mandado por un inferior, o que deber el mando a una insubordinación que podía traer fatales consecuencias hasta para la misma causa de D. Carlos? En nuestra opinión Zumalacárregui en este asunto si no tomó parte activa, se aprovechó hábilmente del descontento que inspiraba la conducta de Iturralde para obtener el mando de la facción navarra contra los deseos de éste explícitamente expuestos siempre que de este asunto se le hablaba. Pero la cuestión ya estaba planteada y su solución no podía hacerse esperar. El día 14 de noviembre de 1833 se reunieron en Estella los compañeros de comisión de Zumalacárregui con los demás jefes y capitanes de las fuerzas de Iturralde y por unanimidad eligieron por su jefe a Zumalacárregui. Iturralde a quien leyeron el acta, ni quiso resignar el mando, ni supo, si es que era posible, contener y castigar tamaña insubordinación. Zumalacárregui o porque preveyera nuevas complicaciones o por avisar a sus parciales, trató de marchar a Vitoria a incorporarse a las facciones alavesas, pero instado por aquéllos que ya no podían retroceder en su camino después de dado el primer paso, detuvo su marcha y se preparó a tomar el mando de la facción navarra que le prometieron los jefes de ella entregarle de hecho acto continuo y sin que se alterase el orden. Efectivamente, avisados los capitanes sacaron sus compañías al campo de los Llanos donde el comandante Sarasa, segundo de Iturralde,

desenvainando el acero dió a reconocer a las tropas en nombre de Carlos V, por comandante general de Navarra al señor coronel D. Tomás Zumalacárregui. Inmediatamente se presentó éste, revistó las fuerzas, las habló de sus deberes y quedó de hecho encargado del mando. Aunque de pasada, no podemos menos de notar, que a un acto de insubordinación de los más graves, en que hasta se abusó del nombre del monarca por quien aquellas fuerzas habían levantado pendones, debió Zumalacárregui el primer mando que tuvo en el ejército carlista y que este acto está en oposición con los principios rectos y justicieros que parece formaban la base del carácter del antiguo gobernador militar del Ferrol. Préstase este momento de la vida de nuestro héroe a amargas consideraciones de que hacemos gracia al que nos lea por ser el asunto harto enojoso de por sí y demasiado frecuente en nuestra historia.

En el mes que llevaba Zumalacárregui en la facción, había conocido perfectamente el estado en que se encontraba y los males a que había que poner pronto y eficaz remedio. La carencia de recursos era uno de los principales y para disminuirla en lo posible, se dirigió a los voluntarios y antes de que rompieran filas, con ruda franqueza les manifestó que desde aquel día era imposible seguirles socorriendo a dos reales como se les había ofrecido y que sin perjuicio de aumentar el *prest* a proporción que aumentasen los recursos desde entonces sólo se les abonaría un real diario. Conocido el carácter navarro esta medida no estaba exenta de inconvenientes: Zumalacárregui los conocía y jugándose en aquella ocasión el todo por el todo se aprovechó hábilmente del estado en que debían encontrarse aquellas fuerzas cuyos oficiales acababan de elevarle al mando de una manera violenta y no vaciló un momento en arrostrar un peligro presente poco probable para conjurar los males sin cuento que la carencia de recursos podía acarrear en un plazo más o menos próximo. ¡Noble rasgo de carácter, que demuestra además en nuestro héroe profundo conocimiento del soldado a quien jamás debe prometerse lo que no se puede cumplir si se quiere mantenerle en filas disciplinado y satisfecho!

Acto continuo reunió a los oficiales y con voz entera les manifestó que se había hecho cargo del mando y que a menos de recibir orden del Rey en contrario, no le cedería sino al coronel D. Francisco Eraso por haber sido el primer jefe del ejército que había proclamado a Carlos V en Navarra, y efectivamente, habiéndose al poco tiempo presentado Eraso en Navarra quiso Zumalacárregui entregarle el mando de las fuerzas sin que a pesar de sus repetidas gestiones, lograrse hacérsele aceptar de modo alguno, prefiriendo aquél quedar como segundo jefe en el puesto que desde el 14 de noviembre venía desempeñando Iturralde por dispo-

sición del mismo Zumalacárregui que libre ya de competidores quedó desde entonces con el mando absoluto de la facción navarra. Veamos cómo se condujo en él.

En la imposibilidad de recibir recurso alguno de la diputación foral de Navarra que residía en Pamplona fiel al gobierno constituido, y recordando el sistema seguido en España al empezar la guerra de la Independencia, creó una junta económica y administrativa compuesta de cinco personas de prestigio y arraigo en el país, a la cual confió la recaudación de fondos, compras y recomposición de armamento, construcciones de equipo y vestuario, acopios de viveres, municiones y demás efectos de guerra, etc., etc.; de este modo quedó Zumalacárregui en buenas condiciones para organizar, instruir y sacar el mejor partido posible de sus fuerzas, reservándose la dirección militar de la guerra, sin tener que procurarse directamente los medios y recursos necesarios para ella.

Dos camisas, un par de alpargatas, un pantalón encarnado, un capote azul, la característica boina, una canana española y una vaina de bayoneta eran todas las prendas de vestuario y equipo del soldado carlista, y la junta de Navarra se dedicó con afán desde el primer momento a proporcionárselas. Si fijamos por un momento nuestra atención en el equipo que no sólo en aquella época, sino veinte años después, usaban nuestros batallones ligeros, y le comparamos con el carlista, no podremos menos de conceder, que aunque éste no sea hoy el mejor y más apropiado a su objeto, llevaba grandes ventajas al de sus enemigos y que Zumalacárregui dió un gran paso en esta cuestión tan importante para la guerra que el espíritu de rutina no ha permitido aún resolver satisfactoriamente en nuestra patria.

Excusado nos parece añadir que a pesar de la larga duración de esta guerra, jamás llegaron los batallones carlistas a conseguir su completa uniformidad y que las prendas de paisano de los nuevos reclutas y las de equipo y vestuario de los prisioneros y hasta de los muertos cristinos, sirvieron a menudo para vestir a los soldados del pretendiente.

Las muchas relaciones que en todo el país tenía Zumalacárregui por efecto de las dos campañas anteriores en que había tomado parte y el entusiasmo que por Carlos V sentían navarros y vascongados, permitieron a aquél organizar fácilmente y con pocos gastos un sistema completo de espionaje al cual debió más de uno de sus felices éxitos en esta guerra pues apenas podían dar paso sus enemigos de que no tuviera noticia clara y detallada, pudiendo, por consiguiente, arreglar en vista de ellos sus movimientos ya para esquivar o rehuir los encuentros ya para ocupar de antemano posiciones ventajosas donde disputarles el paso o por lo menos molestarles en su marcha, siéndole además fácil organizar sor-

presas y encamisadas que les obligaban a redoblar sus precauciones y aumentar el servicio de seguridad durante la noche, molestando de este modo a las tropas y rebajando su moral al no considerarse seguros en parte alguna fuera de los puntos fortificados, muy escasos por entonces.

Desechando la organización por regimiento, a la sazón en vigor en el ejército lo mismo para la infantería de línea que para la ligera, organizó sus tropas en batallones sueltos de ocho compañías con las dos de preferencia, de unas ochenta plazas cada una, y empezó a entresacar de ellas los mejores soldados para formar la primera compañía de guías, cuya fuerza fué aumentando a medida que el número de batallones, llegando antes del año a formar el renombrado batallón de *guías de Navarra*.

Mucho se ha discutido de palabra y por escrito entre los militares acerca de las ventajas e inconvenientes de la organización por batallones sueltos comparada con la regimental de dos, tres y hasta cuatro batallones, y no es nuestro ánimo añadir aquí una sola palabra sobre este asunto ni sobre el número de compañías que debe tener cada batallón en nuestro ejército, tanto por no considerarlo oportuno como porque esta cuestión como casi todas las que a la organización militar de un país se refieren, son de naturaleza asaz compleja y no deben tratarse en detall sino ligadas entre sí y formando el plan general de defensa del Estado. Pero si en tesis general consideramos no ya el caso de organizar permanentemente la defensa de un Estado sino las pequeñas masas de voluntarios destinadas a las operaciones de una guerra de montaña, su organización y fuerza deben estar en relación con la importancia de los hechos de armas que han de llevar a cabo y las pequeñas unidades tácticas merecen en absoluto la preferencia.

Su mayor número engaña al enemigo sobre el total de las fuerzas en armas creyéndole siempre mayor que el efectivo real con que cuentan. Este error podrá disminuir más tarde la gloria de los voluntarios en los combates pues sus enemigos creerán y dirán en todas sus partes que han tenido enfrente fuerzas más numerosas que las que verdaderamente han entrado en acción; pero en cambio, sabedor sólo del número de batallones, sucederá a veces que perderá un tiempo precioso en tantear y reconocer las fuerzas que tiene delante y a veces hasta evacuará una posición ante fuerzas iguales o menores, creyéndose atacado por mayor número de combatientes. Además, las unidades pequeñas facilitan el mando a los oficiales y jefes inexpertos, dotados al empezar la campaña, por regla general, de mejores deseos que de conocimiento y práctica de los deberes de su empleo, y finalmente permiten aumentar su

fuerza con los nuevos reclutas cuya instrucción se acelera más de este modo que creando unidades tácticas nuevas. Batallones de unos 600 combatientes como los que creó Zumalacárregui creemos que son el límite superior de la fuerza conveniente para las unidades tácticas apropiadas a la clase de guerra que hacía la facción navarra.

Conviene no perder de vista la costumbre entonces aún en boga, de formar para los momentos decisivos, columnas sueltas con las compañías de preferencia de todos los batallones, de modo que generalmente los jefes de éstos sólo tenían bajo sus inmediatas órdenes, de 400 a 480 hombres, lo que les facilitaba mucho la vigilancia durante la acción, más precisa con esta clase de tropas que con cualquier otra, y les economizaba tiempo en la ejecución de cada maniobra. Para criticar con acierto esta organización, es preciso no perder de vista que en aquella época el batallón era a la vez la unidad táctica y la unidad de combate de toda la infantería europea; que el corto alcance y poca precisión de las armas de fuego permitía maniobrar a cortas distancias del enemigo y que la bayoneta era la verdadera arma de los infantes y la que casi siempre decidía los combates. Las cosas han variado mucho desde entonces y por tanto incurriría en graves errores el que quisiera juzgar aquellos hombres y los combates que sostuvieron con arreglo a las ideas y modos de combatir aceptados hoy por la mayor parte de los ejércitos modernos.

Dos mil hombres organizados en cuatro batallones, tres de ellos mal armados y el otro sin armas, mal vestidos y peor calzados, y a los que se distinguía por los números ordinales de su creación, eran todas las fuerzas con que Zumalacárregui se aprestaba a entrar en campaña. La instrucción de la mayor parte de los jefes y oficiales, escasa; la de las clases e individuos de tropa, casi nula; desconocida la disciplina porque ignorando cada uno las obligaciones de su empleo no podía enseñar y hacer cumplir a sus inferiores con las suyas respectivas; falta en una palabra aquella pequeña masa de hombres, de todas las cualidades necesarias para combatir con éxito, poseía sin embargo dos importantísimas, valor individual aumentado por la ignorancia del peligro y fe inmensa en la bondad y justicia de la causa que con tanto entusiasmo había abrazado. Pero desgraciadamente, ni entonces ni ahora estas importantísimas propiedades bastan para vencer, y Zumalacárregui, a quien no se ocultaba ésto, se dedicó con preferencia a convertir en soldados aquellos paisanos reclutados por Iturralde, aprovechando el gran prestigio de que gozaba en la provincia por sus anteriores campañas contra los liberales, la confianza sin límites que en él tenían los navarros, cuyo carácter además conocía a fondo y la seguridad relativa en que le dejaban sus enemigos empeñados en otras empresas que juzgaban más importantes. El teniente coronel

que de marzo a octubre del año veinticuatro se distinguió en la organización del batallón ligero provisional de Navarra, el que después como coronel de Gerona y más tarde de Extremadura había acreditado poseer dotes de mando no comunes, veía abrirse ante su vista ancho campo en que emplearlas con fruto para su causa y con valor conocido podía rehuir los encuentros con el enemigo mientras que lo creyese ventajoso sin peligro de que su buena fama padeciera. Así que desde el primer momento Zumalacárregui en vez de arrojarse a temerarias aventuras se dedicó con notable acierto a evitar todo encuentro con las tropas de la Reina procurando desorientarlas con marchas y movimientos extraños hasta fatigarlas y aprovechando los descansos que conseguía en instruir a sus voluntarios y a los nuevos reclutas que atrajo a sus banderas la noticia de haberse encargado del mando. Sus batallones marchaban generalmente separados con lo cual facilitaba su racionamiento repartiendo las cargas entre mayor número de pueblos, y el servicio de seguridad en éstos era casi nulo pues algunos paisanos apostados en las avenidas a distancia suficiente para avisar con oportunidad la presencia del enemigo bastaban para que los soldados se entregasen al descanso, sin temor de una sorpresa, cosa además difícil con los buenos y numerosos espías que tenía Zumalacárregui a su servicio.

Tanto para molestar a sus enemigos, dificultando sus comunicaciones como para proporcionarse recursos sacó de los batallones unos cuantos soldados de los más despiertos y sagaces, a los que encargó la formación de pequeñas partidas, tomando gente de los pueblos inmediatos al sitio donde debían operar y cuyo objeto era cobrar derechos a los trajineros y vendedores ambulantes, llevar partes, apoderarse de los correos de gabinete, oficiales y soldados sueltos y llegarse a los pueblos ocupados por el enemigo haciendo alarmar sus guarniciones, dificultando la entrada de vivanderos, tiroteando a sus centinelas y descubiertas, pero siempre desde lugar seguro, prontos a dispersarse al primer amago de persecución para volver a su habitual servicio en cuanto el enemigo cansado de perseguir fantasmas les dejase otra vez el campo libre. Sin uniforme ni señal militar alguna visible, armado y municionado cada cual con lo que había podido proporcionarse, estas partidas volantes de *aduaneros* eran unos verdaderos cuerpos francos o guerrilleros del ejército carlista y Zumalacárregui consiguió sacar de ellos gran partido con ventaja de sus batallones y perjuicio de sus contrarios.

Pocos días después publicó un bando declarando el bloqueo de todas las plazas de guerra y puntos ocupados por las tropas del gobierno. Este documento, que creemos es el primero que publicó Zumalacárregui como Comandante General de Navarra, fué cruelmente satirizado por los

periódicos liberales, y a decir verdad, no comprendemos qué objeto se propuso con él su autor que conocía mejor que nadie la imposibilidad absoluta en que se encontraba para hacer efectivo dicho bloqueo. ¿Quiso con él dar una apariencia de legalidad a las aprehensiones que hicieran los aduaneros carlistas de los pocos víveres que pudiese llevar algún con fiado cantinero? ¿Se propuso dar un golpe de efecto en el resto de España o en el extranjero, creyendo que no había de faltar algún descontento que le supusiese al frente del número de batallones necesario para llevarlo a cabo? Lo ignoramos, sólo sí podemos asegurar que los efectos del bando fueron nulos como sucede siempre que se dan órdenes, sin disponer de los medios suficientes para hacerlas cumplir.

Mientras con febril actividad seguía Zumalacárregui instruyendo y disciplinando su pequeño ejército, el general Sarsfield, después de haber dejado libre de carlistas la provincia de Burgos, marchó con su ejército a Logroño, por cuyo puente ganó la orilla izquierda del Ebro, dirigiéndose a Vitoria, no sin haber visto antes dispersarse la numerosa facción castellana, que a las órdenes de Merino y Cuevillas estaba apostada en las célebres conchas de Haro, cuyo funesto ejemplo siguieron sin disparar un tiro la mayor parte de las fuerzas alavesas. Dueño de Vitoria el ejército liberal y dispersada la facción alavesa, se dirigió el general Sarsfield sobre Bilbao, y Zumalacárregui que vio le dejaban libre la ribera de Navarra país fértil y rico que podía de consiguiente proporcionarle abundantes recursos, armas, caballos y no pocos voluntarios con que aumentar su escasa hueste, por ser una de las comarcas de Navarra en que lo mismo entonces que ahora tenían más partidarios las ideas carlistas y en el que esperaba ser acogido con entusiasmo y que sus soldados se repusieran algo de las fatigas sufridas en la montaña al mismo tiempo que proporcionar a los antiguos ribereños el placer de visitar a sus familias cosa para ellos más difícil que para el resto de sus compañeros por la distancia a que se encontraban aquéllas del teatro de sus operaciones, propuso a la Junta de Navarra la idea de hacer una excursión por los pueblos de la ribera del Ebro, y habiendo acogido aquélla favorablemente su idea, la puso en ejecución con gran placer de sus subordinados, llegando sin novedad a Miranda de Arga. Allí recibió una comunicación de la diputación foral de Vizcaya fechada en Bilbao, en la cual le noticiaba que Sarsfield trataba de apoderarse de aquella villa, y que no creyéndose la facción vizcaína bastante fuerte para impedirle el paso, le demandaban auxilio pronto y eficaz. No estaba Zumalacárregui en posición muy desahoga para auxiliar a los carlistas vizcaínos ni las escasas fuerzas que mandaba eran suficientes para desbaratar los planes del general Sarsfield, que además le llevaba cuatro marchas de ventaja y

por consiguiente para entonces debía haber abandonado ya a Bilbao la diputación foral y excusado el refuerzo. Por otra parte, los oficiales y soldados de los batallones navarros, marchaban muy contentos a la Ribera y había de producir gran disgusto en ellos la orden de contramarchar en el mismo momento en que esperaban ver realizados sus deseos. Nada de esto podía ocultarse a Zumalacárregui y hasta debió temer la desertión de los voluntarios ribereños, a juzgar por la alocución que dirigió a sus huestes, y cuyo estilo, dicho sea de paso, nos hace sospechar que no fué redactada por él. Sin embargo, al decir de sus biógrafos, surtió el efecto apetecido, y mustios y cabizbajos los que ayer iban alegres y risueños, pero resignados con su desgracia, emprendieron la marcha hacia Vizcaya, pernoctando aquella noche en Villatuerta y al día siguiente en Alsasua. Poderosas razones o motivos de excesiva delicadeza debieron obligar a Zumalacárregui a cambiar de plan abandonando su oportuna y bien concertada expedición a la Ribera, que le hubiese proporcionado grandes y positivas ventajas, para emprender una operación sin objetivo y por lo tanto inútil sino perjudicial a los intereses carlistas. Así que no sorprendió a Zumalacárregui al llegar a Alsasua la infausta nueva de que el general Sarsfield había entrado en Bilbao sin resistencia; lo que le indignó y con sobrada razón fué el saber que de los seis mil carlistas vascongados que el día anterior estaban en Oñate, apenas quedaban algunos cientos de hombres, habiéndose dispersado los demás en el mayor desorden, sin disparar un tiro, arrojando al suelo sus armas, abandonando su poca artillería y emigrando a Francia los más comprometidos. Por el marqués de Valdespina que fué uno de los fugitivos de Vizcaya, que voluntariamente vinieron a incorporarse a Zumalacárregui, supo éste con detalles todo lo ocurrido y pudo juzgar la importancia del terrible golpe que acababa de sufrir la facción. Merino y Cuevillas habían, después de mil azares, ganado la frontera portuguesa y apenas quedaban algunas partidas insignificantes, restos de la numerosa facción castellana. De la alavesa sólo había quedado el primer batallón que mandaba Villareal y muy escaso de fuerza. Verástegui estaba en Francia; nada de positivo se sabía de Zabala y Uranga, pero se sospechaba con algún fundamento estaban ocultos en el país: sólo quedaba en pie la pequeña facción navarra y eso con visible peligro de que cundiera en sus filas el desaliento con que llegaban a ellas los dispersos vascongados. La causa carlista atravesaba en aquellos momentos, tal vez el más crítico de toda la campaña y si lo que estaba lejos de ser imposible, el general Sarsfield conseguía alcanzar y hacer sufrir un revés a los navarros, la insurrección moría y la guerra civil había terminado.

Zumalacárregui vió claramente la inmensidad del peligro que le ame-

nazaba y en vez de acobardarse ante él, le arrostró y se preparó a resistirle con varonil entereza, prestando a D. Carlos en estos días un servicio, cuya magnitud e importancia no se pudo conocer sino después de mucho tiempo. Quinientos fusiles y treinta cargas de cartuchos que le entregaron las diputaciones de Vizcaya y Guipúzcoa y las armas que pudo recoger de las que habían arrojado en su fuga los vascongados, le bastaron para completar el armamento de su gente y crear el quinto batallón navarro. Reforzó sus huestes con los restos de las facciones vascongadas que se habían mantenido en el campo después de la derrota de Oñate. Con oportunas medidas reanimó el espíritu de sus tropas, levantando su moral y apretando aún más los lazos de su naciente disciplina, dándonos nuevo y elocuente testimonio de la entereza de su alma y de las dotes de mando que poseía.

Sin hacer aprecio del nombramiento de comandante en jefe de las fuerzas carlistas vasconavarras que hicieron en su favor el 7 de diciembre las diputaciones forales de Vizcaya y Guipúzcoa de acuerdo con la Junta de Navarra, siguió instruyendo a sus batallones, tras de los cuales debía venir pronto el enemigo con todas sus fuerzas, si no se le lograban distraer algunas por otra parte. Para resistir el choque que le amenazaba no podía él desprenderse de fuerza alguna; era, pues, de todo punto indispensable que los vascongados sostuviesen la guerra en sus provincias con partidas que operasen en los distintos valles, molestando al enemigo en sus marchas y cantones y que le obligasen a destacar fuerzas en su persecución, disminuyendo la masa principal, y Zumalacárregui, instó repetidas veces y con éxito a las diputaciones para que inmediatamente, con pocas o muchas fuerzas, como pudieran, entretuvieran la guerra en su país. En tanto él con sus batallones permaneció en Navarra, llevándolos de la Burunda a la Solana y valle de Ollo, rehuyendo todo encuentro con el enemigo y procurando completar la instrucción de sus tropas. Los partidarios Lorenzo Unzue, Manuel Lucas y D. José Baquedano con unos cuarenta caballos interceptaban la carretera de Pamplona en el Carrascal, recorriendo los pueblos de la Ribera para reanimar su espíritu y allegar hombres a las fuerzas carlistas.

Por este tiempo fué nombrado el general Sarsfield virrey de Navarra, y general en jefe del ejército el general Valdés; ambos se dirigen hacia Navarra y viendo ya Zumalacárregui la inutilidad de sus movimientos y que no tardarían en alcanzarle las tropas de la Reina y que además, era llegado el momento de foguear a su gente, se dirigió con ésta al valle de Berrueza tomando posición en las ya célebres de Nazar y Averta.

Gozan estas posiciones las importantes ventajas de ser difíciles de

flanquear dentro de su zona táctica, obligando por consiguiente al que las ataca a rodear gran espacio de terreno a la vista de su enemigo, que tiene por esta causa sobrado tiempo para acudir con sus reservas al punto en que sea necesaria su presencia. Su posición dominante sobre el terreno que se extiende delante de su frente, permite al defensor ver las fuerzas enemigas a gran distancia y apreciar con sus menores detalles las disposiciones que tomen para el combate y finalmente la circunstancia de que todas las sendas y caminos que se prolongan a retaguardia de ellas confluyen en Santa Cruz de Campezo facilita notablemente la reunión de los dispersos en caso de una derrota. A estas ventajas naturales hay que añadir en el caso presente, el conocimiento detallado que de este campo de batalla tenía Zumalacárregui, por haber combatido en él mandando el segundo batallón ligero de voluntarios de Navarra, a las órdenes del general Quesada, en la desgraciada acción para los realistas, que sostuvo éste el 27 de octubre de 1822 contra el ejército constitucional. En este mismo terreno fué batido Mina por los franceses en la guerra de la Independencia y a pesar de haberse preparado oportunamente para el combate, también vió Zumalacárregui defraudadas sus esperanzas como en tiempos anteriores les había sucedido a Mina y Quesada.

Por fin llegaba el día en que Zumalacárregui iba a probar el esfuerzo de su gente.

Tenía a su favor para el momento del choque, las ventajas de la posición por él escogida y el entusiasmo de sus soldados; sin embargo, no se le ocultaba la mala calidad de su armamento y que a pesar de no haber desperdiciado tiempo ni ocasiones, su instrucción era aún muy imperfecta y la disciplina no estaba sólidamente cimentada. Temía y con razón que en los momentos críticos, una voz inoportuna, un pánico injustificado o la vacilación más pequeña en obedecer cualquier orden, hechos todos fáciles de acaecer entre soldados a quienes no liga una robusta disciplina, pudiesen comprometer y hasta cambiar la suerte del combate, y para precaverlo en lo posible, publicó un severo bando inspirado en los artículos que referentes a cobardía, contiene el Tratado 8.º, título 10 de las Ordenanzas del ejército, que hizo leer a sus tropas con las formalidades correspondientes.

Al día siguiente (29 de diciembre de 1833), antes de amanecer, empezó a ordenar sus fuerzas para el combate. Constaban éstas de los batallones 1.º, 2.º, 4.º y 5.º de Navarra, tres alaveses bastante escasos de fuerza y doscientos caballos; en todo, 4.000 hombres. Colocó su caballería en una hondonada cerca de Nazar, a cubierto del fuego enemigo, con orden de observar y batir el terreno por su derecha y de retirarse al trote largo a Cabredo, en caso de ser batida la infantería. El primero de Navarra

y cincuenta hombres que de su escolta mandó la Junta, ocuparon las ruinas de una antigua ermita que hay en la peña de Asarta, formando el ala derecha del frente de batalla de los carlistas; el ala izquierda defendía el bosque que hay junto al camino que desemboca en el puente de Arquijas, por debajo del cerro de la Cruz del Responso, siguiendo el frente de batalla por delante del pueblo de Asarta, en cuyas calles y a cubierto de la vista del enemigo permanecían en reserva doscientos hombres, escogidos de las compañías de preferencia de los batallones navarros. Recorrió Zumalacárregui su línea, vió que sus órdenes se habían cumplido y esperó tranquilamente el ataque de su enemigo.

Las diez de la mañana serían cuando los batallones de la Reina, mandados por el general Lorenzo aparecieron por Etayo, dividiéndose al salir del pueblo en dos columnas, una mandada por dicho general que se dirigió a Mendaza y otra que mandaba el coronel Oraá con el 6.º de ligeros que por su izquierda avanzaba con intención visible de envolver la derecha carlista y apoderarse de la peña de Asarta, mientras la primera tomaba el pueblo de frente. Desde Mendaza a Asarta avanzaba el general Lorenzo poco a poco, cubierto su frente y costado derecho por trescientos carabineros, esperando para acometer a fondo el que Oraá hiciese perder terreno a la derecha carlista. Zumalacárregui vió la lentitud con que su enemigo avanzaba y atribuyéndolo a poca decisión, ordenó a su ala izquierda saliese del bosque y cambiando de frente se arrojara sobre el flanco derecho de la columna enemiga, al mismo tiempo que la reserva, desembocando de las calles de Asarta, la atacaba de frente procurando detener su marcha. Rudo y sangriento fué el choque; los navarros luchaban con notable arrojo logrando detener la marcha de la columna y mantener indeciso por algún tiempo el combate, pero los carabineros no pierden terreno y el general Lorenzo que ve a la derecha carlista vacilar en sus posiciones vigorosamente atacadas por las tropas del coronel Oraá, avanza resueltamente sobre su enemigo que le abandona el campo dispersándose en dirección de Santa Cruz del Campezo hasta donde continuó la persecución. Allí pasaron el Ega los carlistas y no sin gran trabajo logró Zumalacárregui volver a formar los batallones, prosiguiendo su retirada hasta Oteo, perseguido por las tropas liberales hasta Santa Cruz del Campezo. Trescientos cincuenta muertos, la mayor parte del ejército liberal, quedaron tendidos en el campo; el 6.º de ligeros sufrió bastante, pues la derecha carlista defendió tenazmente su posición, quedando tan quebrantados los vencedores que, hasta la una de la tarde del día 31 no emprendieron su marcha a los Arcos, convencidos de la inutilidad de perseguir a su invisible enemigo, que el día anterior se había refugiado en las Améscoas.

Esta sangrienta acción en que siendo próximamente igual el número de combatientes por cada parte y teniendo a su favor los carlistas las ventajas de la posición, no pudieron resistir el denuesto de las fuerzas liberales, a pesar de haber combatido valientemente, convenció a Zumalacárregui de la necesidad imperiosa de completar la instrucción de sus tropas y de esquivar en lo posible todo encuentro con el enemigo, dedicándose a empresas de otra índole, que le permitieran ir acostumbrándolas poco a poco al fuego, hasta conseguir aguerrirlas y ponerlas en condiciones de obtener ventajas positivas sobre sus enemigos.

III

1834

La división cristina que operaba en Navarra a las órdenes del general Lorenzo, tenía al empezar este año seis mil hombres escasos, de los cuales más de mil estaban destinados en guarniciones, de modo que apenas podía contar con cuatro mil soldados para cualquier operación. Zumalacárregui disponía de los cinco batallones navarros, la compañía de guías con unos doscientos caballos y las partidas volantes de aduaneros, en total unos tres mil quinientos hombres, pudiendo además auxiliarse para cualquier empresa de la mayor parte de los batallones alaveses y guipuzcoanos. Las fuerzas de los dos partidos en Navarra estaban, pues, casi equilibradas en cuanto al número de combatientes, teniendo los cristinos la ventaja de la mejor calidad de los suyos, así como los carlistas el gran apoyo que les prestaba el país, pronto a imponerse toda clase de sacrificios por su causa. En estas condiciones no le era posible al general Lorenzo emprender una persecución activa contra su enemigo, y aunque sin desistir de tomar la ofensiva, cuando se le presentase ocasión oportuna y preveyendo el desarrollo que iba a tomar la guerra, procuró ir limitando poco a poco el terreno de donde los carlistas sacaban hombres y recursos, para lo cual decidió apoderarse de la línea del Arga empezando por fortificar a Puente la Reina, convencido de que la persecución activa del enemigo era todavía inútil. No tardó Zumalacárregui en conocer los proyectos de su adversario, y comprendiendo que su completa realización le perjudicaría notablemente y que no podía impedirle a viva fuerza, trató de distraerle de ellos llevando la guerra a otro terreno donde pudiera conseguir algunas ventajas. Pero antes de abandonar el antiguo teatro de sus operaciones e internarse en la alta montaña, procuró por todos los medios posibles, atraerse a su causa a los habitantes de las Améscoas, ganándose su voluntad y simpatías, con el objeto, una vez conseguido su deseo, de hacer de aquel pequeño territorio una plaza de depósito, donde tener seguros los pocos pertrechos de que podía disponer, vistas las dificultades naturales que se presentaban para penetrar en él a viva fuerza, y todo ésto sin necesidad de mantener

guarnición alguna ni disminuir en su consecuencia las fuerzas manobreras.

Acto seguido salió con tres batallones para el valle de Guasalaz, reconoció las posiciones que ocupaba el general Lorenzo, y convencido de la imposibilidad de poder arrojarle de ellas, reunió sus batallones encaminándose hacia la alta montaña, donde creía fundadamente poder dar cima a alguna empresa de no gran dificultad y cuyo feliz éxito aumentaría el prestigio de sus armas y la confianza que en él tenían sus soldados.

Pronto en obrar, después de decidido por una idea, comenzó su movimiento y por Burguete y Espinal llegó el 17 de enero al valle de Aezcoa, cuyos habitantes, como los de los valles de Salazar y Roncal, habían empuñado las armas en defensa de las ideas liberales. Casi sin resistencia recorrió dichos valles desarmando a los voluntarios, excepto algunos más comprometidos que emigraron a Francia y sus armas las distribuyó entre los individuos que aún estaban sin ellas en algunos batallones.

Mandó al Baztán el 5.º batallón y con los restantes se trasladó a Lumbier amenazando penetrar en el alto Aragón. Sabedor el general Lorenzo de los movimientos efectuados por Zumalacárregui, salió contra éste en combinación con Oraá, pero el jefe carlista, que no deseaba por entonces arriesgar encuentro alguno con sus enemigos, dispersó sus fuerzas por batallones, dirigiéndose Zubiri con el 4.º de Navarra a Nagora; Iturralde con el 1.º y toda la caballería a Sangüesa; Ichaco con el 3.º a Cirauqui a donde llegó sin novedad y Zumalacárregui con el 2.º y la compañía de guías al valle de Aezcoa, donde encontrándose sin perseguidores, pues Lorenzo iba detrás de Zubiri y Oraá seguía la pista a Iturralde se dirigió a Orbaiceta, de cuya fábrica de municiones fortificada y guarnecida por unos doscientos hombres entre carabineros y artilleros, se apoderó Zumalacárregui sin disparar un tiro, capitulando su gobernador a la primera intimación, no obstante la resistencia que a entregar sus armas manifestaron los soldados aun después de firmada la capitulación. No entra en el plan de este trabajo averiguar las causas que pudieron influir en el gobernador para no intentar siquiera dejar a salvo el honor de las armas, ya que no evitar o por lo menos retrasar el momento de la rendición todo lo posible; lo cierto es que a las pocas horas de presentarse la facción, el día 27 de enero, delante de la fábrica, se había apoderado de 200 prisioneros, 200 fusiles, un cañón de bronce de a cuatro, 50.000 cartuchos de fusil y un considerable número de proyectiles de artillería, que más adelante fueron de gran utilidad para los carlistas.

Apenas el general en jefe del ejército cristino tuvo noticia de este desgraciado suceso, desde Vizcaya se dirigió a marchas forzadas a Pamplona, y poniéndose a la cabeza de la gente que pudo apresuradamente

reunir, salió hacia Lumbier donde se encontraba Zumalacárregui con los batallones 1.º y 2.º de Navarra, la compañía de guías y las dos de preferencia del 4.º batallón. No juzgó oportuno el jefe carlista aguardar a su adversario y emprendió su retirada por Domeño a Navascués, donde pernoctó. Al día siguiente, 3 de febrero, continuó su retirada hacia el valle de Salazar, siempre perseguido por el general Valdés y viendo que no tardaría éste en darle alcance y que era por tanto de todo punto indispensable hacerle frente, se detuvo algo a retaguardia del pueblecillo de Gúesa y distribuyó sus fuerzas a los dos lados del estrecho desfiladero por el cual baja el río Salazar y por su orilla el principal camino que se dirige a este valle. Escasamente tuvo Zumalacárregui tiempo de tomar las oportunas disposiciones para defender el paso del desfiladero pues antes de mediar el día ya la vanguardia cristina obligaba con su fuego a las avanzadas carlistas a replegarse al desfiladero, atacado acto continuo de frente con gran brío, mientras otras fuerzas flanqueaban convenientemente las alturas. La posición era insostenible para los carlistas y su retirada muy difícil si sus enemigos coronaban las alturas antes de emprenderla, así que a media tarde abandonaron aquellos todas sus posiciones, prosiguiendo su retirada y decidido por entonces su jefe a no arriesgar otro encuentro con su perseguidor; éste reconoció prolijamente el campo el combate, hizo conducir a Gúesa los heridos carlistas, recomendando eficazmente al cura y al regidor que atendiesen a su curación con el posible esmero y continuó la persecución de Zumalacárregui sin resultado, pues éste esquivaba a todo trance el empeñar acción alguna.

Por razones ajenas a la guerra, las columnas cristinas tuvieron que suspender sus movimientos y de este respiro se aprovechó como siempre Zumalacárregui, para seguir instruyendo y disciplinando su gente, y además redactó y circuló profusamente por todos los pueblos de Navarra, su famosa circular dada en Navascués a 9 de febrero, terrible documento que fué el primer paso dado en la sangrienta senda de horrores y crueldad por la que había de conducirse esta terrible guerra, con vergüenza de propios y espanto de los extraños, y es oportuno notar que no había transcurrido una semana desde el día en que el general Valdés encargaba la solícita asistencia de los heridos carlistas en Gúesa al en que Zumalacárregui firmaba esta circular a los ayuntamientos navarros. Señálase en ella la pena de muerte a los alcaldes, regidores y miembros de justicia que circularan órdenes del gobierno de Madrid, a los que hablasen en su favor, a los conductores de los pliegos que contuvieran las citadas órdenes, a las justicias que las retuvieran en su poder, *pues que deben echarlas al fuego inmediatamente*, a los alcaldes que dieran parte a los enemigos de los movimientos de las tropas reales, confiscándoles además

sus bienes. En la misma pena incurrirían las justicias que no obligasen a los *voluntarios* a presentarse antes de tres días en su batallón, a los susodichos voluntarios si no se incorporasen dentro del plazo prescrito, a los ministros de justicia que no coadyuvaran a la aprehensión de los desertores, etc., etc. Como se ve, el espíritu y letra de este documento, no tienen nada de suave y no es de extrañar que las justicias de Navarra se apresurasen a acusar su recibo, temerosas de mayores males, a pesar de su adhesión a la causa carlista.

La legítima diputación foral de Navarra continuaba residiendo en Pamplona y de buena o mala gana obedecía las órdenes del gobierno de Madrid, secundando sus planes en lo posible. Esta conducta no podía ser del agrado del comandante general carlista y dos días después de publicada la anterior circular dió a luz otro nuevo documento, redactado a manera de decreto, declarando traidores y reos de lesa majestad a todos los individuos de la diputación navarra, condenándoles a muerte y confiscándoles sus bienes. Notificada que les fué esta disposición en el mismo Pamplona a los diputados, la mayoría de éstos con pretextos más o menos especiosos se apartó de la gestión de los negocios públicos, consiguiendo de este modo Zumalacárregui amenguar el prestigio de la diputación que podía serle fatal para su causa, cuyos voluntarios iban ya escaseando, siendo muy difícil reemplazar las bajas, al mismo tiempo que decaía bastante el espíritu de los que se conservaban en las filas.

A levantar éste a todo trance se dedicó Zumalacárregui, dándoles ocho días de descanso, diciéndoles por conducto de los jefes de los batallones que tuvieran seguridad en la victoria y confianza en la derrota del ejército liberal, cuya situación les pintó como a su proyecto convenía y finalmente premeditando alguna empresa de fácil y seguro éxito que levantase la moral de sus voluntarios y les animase a otras mayores cuando la ocasión se presentara. Supo en esto que Oraá se le venía encima y el 16 salió de Navascués a Nagore, con intención de pasar al día siguiente el Arga si sus enemigos le dejaban franco paso, cosa que no creía fácil; sin embargo, llegó a Zubiri sin novedad y acto continuo pasó el puente tomando el camino de Olagüe y a las tres horas de marcha emboscó las compañías de preferencia de los batallones 1.º y 2.º de Navarra y la de guías, ordenando al resto de la columna siguiera su marcha al puerto de Lizarraga en cuyo punto mandó reunirse dos batallones navarros, uno guipuzcoano y otro alavés con objeto de replegarse a él cualquiera que fuese el resultado de la empresa que proyectaba y esperar allí, favorecido notablemente por el terreno, el ataque de los liberales.

Una vez sólo en el bosque con las cinco compañías, se comunicó por

medio de aldeanos de Zubiri y demás pueblos contiguos y esperó las noticias que sus confidentes no habían de tardar en traerle de los movimientos y situación aquella noche de las fuerzas que mandaba Oraá.

Este había acantonado sus fuerzas entre Zubiri y Urdanin, alojándose la caballería en la venta de este último pueblo. No pareció bien a Oraá esta última posición elegida por su jefe de Estado Mayor y queriendo colocar su caballería en sitio más seguro, envió un paisano a informarse de la dirección en que marchaba Zumalacárregui, para según ella, fijar convenientemente la disposición de sus cantones.

Quiso la suerte que el paisano elegido fuese uno de los confidentes del jefe carlista y en vez de volver adonde con impaciencia era esperado, enteró minuciosamente a éste del sitio, modo y forma en que estaban acantonadas las diferentes fuerzas de la columna cristina. Con perfecto conocimiento Zumalacárregui de todo, preparó su plan de ataque, ordenando que una compañía se dirigiese a Zubiri, donde pernoctaba Oraá y sin penetrar en el pueblo rompiese el fuego, impidiendo por todos los medios posibles, la salida de las fuerzas en él alojadas, privando así de su auxilio a los de Urdanin, punto objetivo de su ataque y contra el cual mandó tres compañías, con orden de penetrar a toda costa y apoderarse de todos los efectos de guerra que pudiesen llevar consigo, inutilizando los demás; la compañía restante de su pequeña columna, debía dirigirse a la venta de Urdanin, atacándola enérgicamente con objeto de inutilizar, si no podía hacer prisionera, a la caballería cristina. El ataque debía ser simultáneo en los tres puntos, y como la noche era oscura y en Urdanin habría que combatir al arma blanca, ordenó Zumalacárregui que sus voluntarios se pusiesen las camisas sobre los capotes, con lo cual fácilmente podrían reconocerse al tacto a pesar de la oscuridad y confusión propia de esta clase de combates, que nuestros clásicos apellidan gráficamente *encamisadas*.

Dadas las oportunas instrucciones se emprendió la marcha, y a las dos y media de la madrugada, casi simultáneamente, se oyó el fuego contra los dos pueblos.

La caballería de la venta por cobardía o connivencia del oficial que la mandaba, según entonces se dijo, o porque se había alojado sin tomar medida alguna de precaución ni disposición de defensa, cayó en poder de los carlistas apenas les intimaron la rendición, sin hacer la más pequeña resistencia. En Zubiri los cristinos se defendieron valientemente sin salir de sus alojamientos, desde cuyas ventanas contestaban al fuego de sus contrarios, que no intentaron penetrar en el pueblo limitándose a impedir con sus disparos que pudiesen acudir a socorrer a los de Urdanin. Estos se resistieron tan tenazmente, que habiendo los carlistas logra-

do penetrar en los pisos bajos de algunas casas, fueron éstas teatro de luchas y combates cuerpo a cuerpo, lo mismo que en las calles del pueblo convertidas en oscuro y sangriento campo de batalla.

En este estado las cosas, emprendió Zumalacárregui la retirada llevándose los prisioneros, armas y caballos que constituían el botín de esta jornada, acelerando la marcha para incorporarse lo más pronto posible al grueso de sus fuerzas, temiendo, como se verificó, que al día siguiente podían alcanzarle las columnas de Lorenzo y Oraá y pisarle la retaguardia; pero habiendo conseguido cuando esto tuvo lugar, ganar el puerto y tomar posiciones de combate, no juzgó Oraá oportuno, y con razón, el atacarle en ellas, retirándose sin empeñar la acción, con lo cual aumentó el efecto moral que en las tropas carlistas causó este fácil triunfo, creciendo la confianza de éstas en su caudillo y el prestigio de éste para con los suyos, así como la inquietud que su nombre producía en el ánimo de los gobernantes de Madrid, deseosos a todo trance de separar de la causa carlista al único hombre que hasta entonces había conseguido organizar y adiestrar sus batallones.

Con este objeto y a instancias del general Quesada autorizó a éste para entablar correspondencia con los jefes navarros, muchos de los cuales habían sido años atrás sus compañeros de armas. Con mejores deseos que probabilidades de éxito empezó sus negociaciones el marqués del Moncayo y tales debieron ser las esperanzas que dió al gobierno de salir airoso con su empresa, que éste le nombró general en jefe del ejército de operaciones, en reemplazo del general Valdés, dándole así más facilidades para sus gestiones.

El 22 de febrero se encargó Quesada del mando y el 26 escribió desde Estella a Zumalacárregui procurando persuadirle de que depusiera las armas, abandonando la causa del Pretendiente. El 1.º de marzo le contestó Zumalacárregui desde Liédena aparentando entrar en tratos pero sin obligarse a nada, pues en su opinión debía este asunto tratarse en una reunión de jefes, oficiales y todos los individuos de la junta, que podrían reunirse en Lumbier, retirándose para ello la columna de Linares a Aragón y permaneciendo las demás tropas de la Reina al lado opuesto de la carretera de Pamplona a Tafalla. Aceptó Quesada, y Zumalacárregui pudo explorar los ánimos y convencerse que el espíritu de su gente estaba decididamente pronunciado por la continuación de la guerra, lo que hizo saber a Quesada desde Lumbier el día 7 de marzo, celebrándose en la noche del día siguiente la junta donde se votó por la continuación de la guerra, antes de saber la última respuesta de Zumalacárregui.

Al otro día se leyó a los batallones carlistas un manifiesto relatando

no muy exactamente todo lo ocurrido con el general Quesada, cuyo documento circuló por Navarra profusamente.

Como resultado de estas conferencias, al romperse las negociaciones estaba la facción navarra acantonada en Lumbier y pueblos inmediatos y se componía de cinco batallones de a ocho compañías de unos ochenta hombres de fuerza cada una de éstas, de una compañía suelta de la Junta, llamada de Guías, y unos trescientos malos caballos. Tanto los infantes como los jinetes estaban en su mayor parte sin uniforme ni equipo, pero bien armados y con municiones abundantes, y respecto a instrucción sólo los dos primeros batallones la poseían en grado suficiente para las operaciones a que daba lugar aquella clase de guerra. Además de estas fuerzas seguían prestando útiles servicios a la causa carlista los aduaneros, organizados hábilmente por Zumalacárregui, hacia algunos meses.

La carta de Zumalacárregui, fechada en Lumbier a 7 de marzo, convenció a Quesada que el caudillo carlista sólo había procurado ganar días, tan necesarios para ir instruyendo sus bisoños batallones y que era llegado el momento de empezar las operaciones.

Apercibido para ellas y con firme propósito de llevar la guerra con todo rigor, salió de Pamplona dirigiéndose hacia Lumbier, pero Zumalacárregui que conocía de sobra que sus batallones eran menores en número y menos aguerridos que los de su perseguidor, dividió sus fuerzas mandando a Eraso con tres batallones hacia los valles de Ulzama y el Baztán mientras que él con los otros dos, pasó el valle de Yerri con objeto de unirse a las fuerzas de esta provincia que mandaban Uranga y Villareal.

Al saber este movimiento Quesada emprendió la persecución de Eraso con la brigada Oraá, dejando al general Lorenzo en observación del resto de la facción navarra, que sin dificultad alguna pudo realizar su unión con la alavesa.

Unidas ambas, y el grueso del ejército cristino al norte de Pamplona entretenido por Eraso, trató Zumalacárregui de sorprender a Vitoria de donde se proponía sacar recursos de toda especie para continuar la guerra. Para conseguir su objeto concentró los batallones navarros y alaveses al amanecer del 15 de marzo en el pueblo de Otazu y allí los distribuyó en tres columnas: una de tres batallones mandada por Iturralde debía atacar por el portal de Betoño; otra con dos batallones a las órdenes de Villareal, forzaría el portal de Castilla, y la tercera, con Zumalacárregui a la cabeza, debía acometer por el centro partiendo de la ermita de Santa Lucía. En el momento de romper su marcha las columnas, avisaron a Zumalacárregui que en Gamarra había un destacamento de dos-

cientos tiradores de Alava, e inmediatamente ordenó a dos compañías de infantería que con la caballería los atacasen obligándoles a desalojar el pueblo, lo que consiguieron, causándoles más de cincuenta muertos y cogiéndoles ciento veinte prisioneros. Mientras esto sucedía, los cazadores de la columna de Villareal habían logrado penetrar en la ciudad, pero fueron instantáneamente rechazados por la guarnición y el vecindario, lo que hizo pensar a Zumalacárregui en emprender la retirada, que efectuó sobre Salvatierra, sabedor que Espartero venía en su persecución desde Vizcaya.

Si este revés no desalentó a Zumalacárregui, fué en cambio causa por lo menos aparente, de un hecho de crueldad que no tiene explicación satisfactoria, por más que después haya tenido demasiados imitadores y que quisiéramos que no hubiera sucedido, aunque sólo fuera por no vernos en la sensible obligación de relatarlo. Es el caso que apenas llegó Zumalacárregui a Narbaja punto donde estableció su cuartel general, ciego de cólera por no haber podido apoderarse de Vitoria, mandó poner en capilla a los ciento veinte prisioneros, que estaban en Heredia, para fusilarlos al día siguiente, creyendo sin duda que con este golpe de refinada crueldad, pues nada justifica tan bárbara hecatombe, infundiría el terror entre sus adversarios, aumentando el prestigio de su causa. En vano Villareal y los demás jefes carlistas trataron de disuadirle de tan terrible pensamiento, pintándole las funestas consecuencias que habían de sobrevenir si llegaba a convertirse en hecho tan tremenda orden; nada pudo hacerle variar de propósito, ni los ruegos ablandaron su corazón, ni las razones pudieron convencerle y atento solamente a satisfacer la inhumana pasión de su venganza, ordenó que fuesen inmediatamente pasados por las armas, manchando así en un momento de febril arrebató la gloria que iba adquiriendo en los campos de batalla (1).

Al día siguiente se separaron los batallones alaveses, y Zumalacárregui pasó la Borunda seguido de cerca por el general Lorenzo a quien el número inferior de sus tropas le impedía atacar al jefe carlista. Después de varios días, Zumalacárregui se aproximó a Estella y reforzada su gente con el primer batallón de Alava a las órdenes de Villareal tomó posiciones el 29 de marzo entre Abarzuza y el caserío de Murín y esperó al general Lorenzo, que temiendo un ataque rápido sobre Estella, marchaba a aumentar el número de sus defensores. Zumalacárregui viendo que

(1) Sobre este horroroso hecho, de cuya existencia desgraciadamente no se puede dudar, guarda el más profundo silencio Zaratiegui, y eso que casi fué testigo presencial de él, lo cual prueba el mal efecto que causó aun entre los oficiales más allegados a Zumalacárregui.

el general cristino esquivaba el combate, adelantó sus guerrillas y empezó a hostilizarle; el rehusar la batalla era ya imposible para las tropas de la Reina, que haciendo prodigios de valor se apoderaron del caserío de Muru, defendiendo denodadamente todas las posiciones entre él y Estella, pero ante la superioridad del número y después de un combate de seis horas, en que perdieron cerca de cien hombres, tuvieron que replegarse a la ciudad perseguidos por el enemigo. Zumalacárregui se dirigió a sus cantones de Azcona, Yriñuela y Arizala, supo sacar partido de esta victoria que nadie pone en duda, y Quesada al saberla, comprendió que no era empresa tan fácil como había juzgado la de domeñar por la fuerza a la facción navarra.

En los primeros días de abril reforzó su columna con un batallón alavés y otro guipuzcoano y por medio de una marcha rápida llegó a Lodosa, por cuyo puente pasó el Ebro y a las tres de la tarde del día 9 se presentó delante de Calahorra rompiendo el fuego desde las tapias de los huertos y corrales. El comandante de armas pudo reunir en breves momentos a unos cuantos soldados, milicianos y dependientes del resguardo con los cuales se encerró en una casa que se estaba fortificando y desde la cual empezó a contestar al fuego enemigo, decidido a morir antes que entregarse, sin pensar ni calcular las malas condiciones en que se encontraba para resistir el ataque de tan renombrado enemigo. Al ver éste las disposiciones tomadas por el comandante de armas de Calahorra le dirigió un oficio intimándole la rendición en el perentorio término de media hora y anunciándole que en caso de resistencia sería el edificio «reducido a cenizas y la guarnición pasada a cuchillo». Semejante amenaza aumentó el ardor de los defensores cuyo comandante contestó acto continuo al caudillo carlista: «Esta casa fuerte no se entrega a enemigos de la Reina nuestra Señora» y a pesar de que Zumalacárregui irritado con tan tenaz resistencia redobló sus esfuerzos, sólo consiguió demostrar el valor de los defensores de la casa y al amanecer del 10 repasó el Ebro por el vado de Calahorra, encaminándose a Llerín y al saber que las columnas de Quesada y Oraá bajaban hacia el Ebro, pasó el Egea entre San Adrián y Andosilla, dirigiéndose hacia los montes de Alda en los que vivaquearon los cuatro batallones carlistas por habérseles echado la noche encima.

Allí tomó informes Zumalacárregui y supo que Lorenzo desde Lodosa cambió de dirección y venía siguiendo las huellas de los carlistas; que Quesada había entrado al anochecer en el valle de Lana y que Oraá estaba desde media tarde en Contrasta. La posición de los batallones carlistas era comprometida, pues las tres columnas cristinas estaban lo bastante próximas entre sí para ayudarse en cualquier caso de ataque y

operar contra Zumalacárregui en el momento en que sus jefes supieran con certeza el sitio donde éste se hallaba; estas consideraciones hicieron que Zumalacárregui, apenas cerró la noche, continuara su movimiento con gran silencio para ganar la sierra de Urbasa por el puerto de Alda, pero el mal estado de sus tropas después de tres marchas forzadas, lo quebrado del terreno y la oscuridad de la noche fueron causas de que al amanecer los cuatro batallones carlistas estuviesen dispersos, pero en salvo. Los cristinos al amanecer reconocieron los montes de Alda y no encontrando al enemigo se retiraron a sus cantones, mientras los carlistas procuraban reunir sus dispersos, y entregándose unos y otros al descanso que tanto necesitaban. Dice Zaratiegui que el proyecto de Zumalacárregui aquella noche era después de ganar la cumbre de la sierra de Urbasa, correrse por ella con sus fuerzas, bajar por el puerto de Contrasta y sorprender a Oraá. Difícil nos parece esta empresa con tropas tan cansadas como las que a la sazón mandaba Zumalacárregui, y salvando las intenciones de éste, mas bien creemos que este pensamiento lo hizo público no con la esperanza de realizarlo sino para animar y alentar a sus soldados en la penosa marcha de aquella noche, con la esperanza de llevar a cabo al siguiente día una empresa que había de proporcionarles nuevas glorias.

A los pocos días estando Zumalacárregui en Piedramillera recibió una carta de D. Carlos fechada en Villareal a 18 de marzo, en la cual daba gracias a todos por los heroicos esfuerzos que hacían en pro de la religión y la legitimidad, les excitaba a mantener entre ellos la más perfecta unión, confirmando cuantos grados militares había dispensado Zumalacárregui y confiriendo a éste el empleo de Mariscal de Campo.

Esta carta se leyó a los batallones carlistas y cuentan que Zumalacárregui decía que semejante documento equivalía a un aumento de 20.000 hombres. Lo hiperbólico del dicho, demuestra la fe que tenía el caudillo carlista en la valía de su rey y la energía de sus convicciones y la esperanza de que D. Carlos traería recursos pecuniarios para fomentar la guerra.

La verdad es que entonces faltaban ya elementos al gobierno de la Reina para sofocar la insurrección vascongada. Los jefes cristinos se desanimaban al ver neutralizados sus esfuerzos por un enemigo a quien jamás era posible alcanzar y que andaba por todas partes, dispersándose hoy para reorganizarse al siguiente día y dar un golpe de mano a retaguardia de sus perseguidores, apoyados por los habitantes del país cuya mala voluntad y pasiva energía, dificultaban los movimientos de aquéllos que escasos en número para ocupar militarmente el país, derramaban todos los días con gloria su sangre por apoderarse de unas posiciones que

los carlistas no tenían gran interés en sostener, seguros de que al día siguiente volverían a ocuparlas sin derramar una gota de sangre, por haberlas abandonado sus contrarios.

Zumalacárregui, apenas logró reunir sus dispersos, marchó al Baztán con el primer batallón navarro a tomar el nuevo vestuario construido allí por la junta, bajando acto continuo a Echarrí-Aranaz donde supo que Quesada estaba en Olazagutía con intención, al parecer, de pasar a Pamplona. Inmediatamente ordena una concentración de fuerzas y al frente de las formadas por cuatro batallones navarros, tres alaveses, dos vizcaínos, un guipuzcoano y otro castellano y de tres escuadrones, rompe su marcha hacia Alsasua. Al llegar su vanguardia a Iturmendi avistó a las tropas de Quesada que se adelantaban por la carretera, haciendo alto dicha vanguardia y disponiendo ambos caudillos sus tropas para el combate. Zumalacárregui, queriendo aprovecharse de su superioridad numérica y de la sorpresa que debió causar a Quesada ver venir sobre él la mayor y mejor parte de la facción vasconavarra inicia el ataque: Quesada, por el contrario, ordena a su vanguardia que se mantenga firme y que el convoy, la artillería y la caballería, tomasen por Alsasua el camino hacia Segura, pasando la infantería el río por un puente de carros construido cerca de la venta. Al ver Zumalacárregui este movimiento inesperado de su enemigo, se corrió por la derecha, ganó la falda del monte de Achu y corriéndose por el bosque hacia el boquete de Beasain logró alcanzar la retaguardia cristina, a la cual atacó el primer batallón navarro con arrojo, favorecido por el terreno y sin que todos los esfuerzos de valor que para tenerle a distancia hizo el jefe D. Leopoldo O'Donell, hijo del conde de La Bisbal y encargado por Quesada de sostener la retirada, pudieran impedirle que mezclado con sus soldados le hiciesen prisionero con cuatro oficiales y más de setenta individuos de tropa.

Fatal pudo ser esta jornada para las armas de la Reina sin la oportuna llegada de la columna del brigadier Jáuregui que les permitió hacer frente en Alcuruceta y Echegarate conteniendo a los carlistas que perdieron doscientos hombres entre muertos y heridos: los cristinos tuvieron ciento cincuenta bajas, de ellas, ochenta y cuatro prisioneros, pero lograron salvar el convoy sin perder una carga; la columna llegó a Segura cerrada ya la noche, continuando su marcha a Villáfranca de Guipúzcoa, donde pernoctó. Por una coincidencia singular esta acción se dió el 22 de abril, día en que se firmó en Londres el tratado de la cuádruple alianza.

Zumalacárregui se retiró a Eulate y el 24 dió una orden general a sus tropas en la que se lee entre otras cosas la prohibición *de que se dispare el fusil a larga distancia, que sobre gastar más municiones anima la*

enemigo, prohibición juiciosa entonces y más necesaria aún hoy de cumplir con el armamento moderno; enumera además los ascensos que concede y se muestra satisfecho de las tropas que manda.

Después mandó fusilar los prisioneros hechos en la acción de Alsasua, excepto los que tomaron las armas por D. Carlos y que a los pocos días se fugaron a sus antiguas banderas, medio de que se valieron después muchos soldados para evitar la muerte o la dura condición de prisioneros.

Después del combate de Alsasua quedaron algo paralizadas las operaciones en Navarra; el desaliento cundía en el ejército cristino al ver que todos sus esfuerzos y sacrificios se estrellaban ante la actividad e inteligencia con que Zumalacárregui dispersaba o concentraba sus batallones sin ser sorprendido ni alcanzado nunca, ni obligado a batirse sino en el sitio y forma por él elegido de antemano. El entusiasmo de los batallones carlistas por su general crecía por momentos, con lo cual éste robustecía su autoridad y aumentaba su prestigio y extendía la fama de su nombre hasta el otro lado de los Pirineos.

Ya entrado mayo abandonó Zumalacárregui las Améscoas dejando el tercer batallón navarro en Larrao, y en cuanto supo Quesada este movimiento determinó invadir el valle a pesar de que nada existía en él entonces que tuvieran los carlistas interés en conservar. Puesto en ejecución su proyecto, el tercero de navarra se retiró por el puerto de Eulate hacia Onraitia, y Zumalacárregui, forzando las marchas, llegó a la Améscoa aunque tarde, pues ya el ejército cristino le llevaba tanta delantera, que pudo ganar Muez y establecerse al amparo de su excelente posición para que descansasen sus soldados. El 25 de mayo supo Zumalacárregui esta detención de su enemigo y acto continuo dió alto a sus tropas manteniéndose todo el día oculto con ellas en las asperezas de la sierra de Andía; pero en cuanto cerró la noche, emprendió la marcha y antes de las dos de la mañana se encontraba a un cuarto de hora de Muez, donde continuaba acantonado el general Quesada con las fuerzas de su mando.

Inmediatamente dispuso Zumalacárregui que diez compañías se dirigiesen al pueblo con el mayor silencio. Así lo hicieron penetrando en las calles y atacando con impetuosidad al arma blanca los puestos avanzados de los cristinos, pero éstos, encerrados en las casas, rompieron el fuego contra los agresores, trabándose en la ermita de San Miguel lo más recio de la pelea, sin que los carlistas pudiesen vencer la resistencia de los liberales, que antes de amanecer les obligaron a retirarse hacia Lezama, persiguiéndoles más de una legua, aunque sin resultado. No fué grande tampoco el que obtuvo el general carlista y lo que únicamente se consi-

guió fué que las tropas de la Reina no pernoctaran sino montando perfectamente su servicio de seguridad y atrincherándose en lo posible, con lo cual ganaron mucho evitándose sorpresas en lo sucesivo. El mismo día siguió el general Quesada su marcha, entrando en Pamplona el 27 de mayo.

Allí concibió el general en jefe el proyecto de apoderarse de la junta facciosa de Navarra que con cincuenta voluntarios permanecía en Elizondo; hacia este punto se dirigió el 3 de julio, pero la junta que tuvo aviso anticipado de este movimiento evacuó a Elizondo mientras que Zumalacárregui, sabedor de la entrada del ejército liberal en el Baztán se apoderó del puerto de Belate obligando a Quesada a tener que hacer una penosa marcha de flanco siguiendo la frontera francesa, y antes de cuatro días entraba en Tolosa. Constante Zumalacárregui en su deseo de interceptar al ejército cristino el camino de Pamplona se trasladó a Lecumberri donde acantonó sus cuatro batallones, subiendo durante el día a ocupar la importante posición de Aspiroz, punto de paso obligado para venir de Tolosa a Pamplona por la carretera. Rehuyendo este encuentro, que no podía serle ventajoso, pasó Quesada a Alava entrando en Vitoria el 15. Zumalacárregui descendió de Lecumberri a la Borunda, donde reunió ocho batallones que acantonó en Echarri-Aranaz y pueblos inmediatos sobre la carretera de Vitoria a Pamplona en posición ventajosa, aunque no tanto ni con mucho como las de Belate y Aspiroz.

Desde Vitoria avisó Quesada a Linares y marqués de Villacampo para que saliesen de Pamplona con las tropas de su mando en dirección a Irurzun, al mismo tiempo que él saldría de Vitoria a Salvatierra donde pernoctaría, debiendo al día siguiente verificarse la unión de las dos columnas. Apenas se inició este movimiento combinado, lo supo Zumalacárregui y trató de batir a las fuerzas de Linares, ya que en caso de conseguir una rápida victoria sería muy difícil a Quesada proseguir su marcha a Pamplona, estando la facción situada en el alto del puerto.

Al rayar el alba del 18 de junio, ya estaba Zumalacárregui en la venta de Gulinez entre Irurzun y Erice, cuando vinieron a avisarles sus confidentes de que la columna de Linares avanzaba por la carretera de Pamplona. A toda prisa colocó su gente en orden de combate a tiempo que la vanguardia cristina rompía ya el fuego contra aquélla: impetuosamente acometida, vaciló la vanguardia del ejército liberal perdiendo terreno y dejando en poder del enemigo algunos prisioneros, pero el grueso de la columna tomó posición en el alto de Ochovi desplegando sus batallones sin que los carlistas pudiesen desalojarles a pesar de la tenacidad y valor con que atacaron los carlistas, terminando el combate a las diez de la mañana por una vigorosa carga a la bayoneta del ejército

liberal, que se llevó por delante a los carlistas hasta el valle de Ulzma, donde llegaron fatigados y sin municiones.

Desde el principio de la guerra no se había visto combate tan sangriento como el de Gulina que abrió a Quesada el camino de Pamplona. En cuanto a Zumalacárregui aunque vió faltas de disciplina y yerros notables en su gente, les atribuyó a los muchos bisoños con que diariamente aumentaba sus filas y no quedó descontento del comportamiento de sus voluntarios.

Por entonces y terminada la guerra civil portuguesa, al mismo tiempo que Quesada quebrantado física y moralmente no podía seguir de general en jefe, nombró el gobierno de la Reina, general en jefe del ejército del Norte, a D. José Ramón Rodil, que marchó a encargarse del mando al frente de las tropas que habían formado la expedición a Portugal. El general Quesada bajó a Mendavia a recibirle y después de conferenciar largamente ambos generales sobre el estado de la guerra, el 9 de julio tomó posesión de su destino el general Rodil, organizando el ejército del Norte en cinco divisiones, mandadas: la 1.^a por el brigadier Figueras; la 2.^a por el general Lorenzo; la 3.^a, que no tenía más que cuatro batallones, por el general Fernández de Córdoba; la 5.^a por el general Espartero, y la 4.^a, formada por las tropas disponibles de Alava y Guipúzcoa.

La noticia de la llegada de Rodil y sus tropas a Navarra alarmó a los carlistas con sobrado motivo, y Zumalacárregui, conociendo que de dejar crecer este temor podían originarse graves males para la causa carlista en Navarra, se previno a atajar sus progresos y atacar el mal de raíz, para lo cual dirigió una alocución a sus batallones, en la cual exagerando los medios y fuerzas del ejército liberal, les pedía nuevos sacrificios en pro de su causa, con lo cual impidió que continuasen las murmuraciones, inflamó el ánimo de su gente, entusiasmándola y aumentando la confianza en su caudillo.

A pesar de ésto, apurada se hubiese visto la facción navarra delante del ejército de Rodil, que indudablemente hubiese alcanzado grandes ventajas desde las primeras operaciones, si un nuevo suceso no hubiese venido a levantar el espíritu de vascongados y navarros, dando al mismo tiempo una nueva y falsa dirección a las operaciones del ejército liberal.

Cuéntase que sabedor Zumalacárregui de que Rodil pensaba dirigirse a Pamplona desde Logroño, concibió el proyecto de atacarle durante su marcha, esperando que si conseguía alguna ventaja por pequeña que fuera, debía aumentar notablemente la fuerza moral de sus batallones y crecer el influjo de él sobre sus subordinados. Con este objeto pasó a la sierra de Urbasa y el 11 de julio llegó a Eulate donde municionó sus

tropas y les dió calzado y «*la ración de aguardiente acostumbrada, el día de acción*» dice Zariátegui, terminándose estas operaciones cerca de media noche.

Ya estaban los batallones carlistas dispuestos a marchar para tomar posiciones cerca de la ermita de Nuestra Señora del Pueyo, entre Viana y los Arcos, cuando recibió Zumalacárregui una carta autógrafa de don Carlos, noticiándole su entrada en España por Urdax; acto continuo mandó alojar su gente, y a su jefe de Estado Mayor que marchase a encontrar al Rey y ponerse a sus órdenes, y en cuanto amaneció formó sus tropas y emprendió la marcha hacia el Baztán, pero al llegar a la venta de Alsasua encargó a Eraso siguiese la marcha con los batallones y adelantándose con dos de sus ayudantes llegó a Elizondo a las once de la noche. Aunque D. Carlos estaba ya acostado le recibió cordialmente y al otro día (17 de julio) habló detenidamente con él sobre el estado de la guerra, ascendiéndole a teniente general y nombrándole además general jefe de Estado Mayor del ejército real.

Grande fué sin duda alguna el placer que experimentó el caudillo carlista al recibir esta doble recompensa de mano de su mismo Rey, pero a pesar de su satisfacción y conociendo que el tiempo no podía desperdiciarse y que convenía que los voluntarios carlistas viesan entre ellos a su monarca lo más pronto posible, el día 15 emprendió la marcha con éste y la Junta de Navarra, llegando cerca del mediodía a Beunza, en cuyo punto, y previas las órdenes oportunas, esperaba Eraso con cuatro batallones formados en orden de parada. Desde Beunza siguió la real comitiva a los valles de Araquil y la Borunda y de aquí a las Améscoas, valles por los que tuvo siempre Zumalacárregui una justa predilección.

No creyó por de pronto el gobierno de Madrid cierta la entrada del Pretendiente, pero pronto salió de su error y temiendo con razón los efectos que su presencia había de producir en el ánimo de sus fanáticos soldados, excitó al general Rodil para que activase las operaciones y sobre todo tomase como principal objetivo de ellas la captura del Pretendiente, a quien en vano hizo reiteradas instancias Zumalacárregui para que se pusiese a la cabeza de sus voluntarios. Error grande que no desconoció Rodil y del que supo sacar gran partido Zumalacárregui, originado probablemente de verse obligado el gobierno a satisfacer las exigencias de la opinión pública, a la que en vano podría convencerse de que lo importante era derrotar y dispersar los batallones carlistas, pues conseguido ésto, D. Carlos no podría permanecer en España un solo momento.

El general Rodil trasladó el 17 su cuartel general a Estella y el 21 a Alcedo, situándose Lorenzo, en Zúñiga, y Córdoba, con su pequeña divi-

sión y la caballería y artillería a las órdenes de Carondelet, en Puente la Reina. En tanto Zumalacárregui confía a Eraso la custodia de D. Carlos, que inmediatamente se dirige a Guipúzcoa y él se dirige a Goñi, pero avanzando Rodil hasta Lorca, los batallones carlistas se retiraron de las Améscoas. Entra Rodil en estos valles, pernocta el 22 en Muez, pasa a la Borunda y el 23 y 24 se establece en Echarri-Aranaz, con intención de establecer una línea de puestos fortificados de Vitoria a Pamplona por Salvatierra, Olazagutia, Echarri-Aranaz e Irurzun. No habían empezado aún las obras cuando Zumalacárregui vió desde el alto del puerto de Bacaicoa una pequeña columna que desde Echarri-Aranaz se dirigía hacia Olazagutia. A favor de lo cubierto del terreno descendió al valle con el tercer batallón navarro, logrando romper el fuego sobre ella, cuando su retaguardia estaba cerca de la venta de Alsasua: los cristinos que estaban en Olazagutia y Cividia al oír el fuego acudieron a proteger a sus compañeros y Zumalacárregui tuvo que replegarse con sus reservas a los altos de la sierra de Urbasa perseguido por los cristinos que se apoderaron de los puertos de Olazagutia y Cividia arrollando las compañías carlistas que los defendían. Este movimiento dejó en descubierto a Zumalacárregui el cual emprendió con celeridad su marcha hasta Lezaun, sin ser molestado por el enemigo que no pasó de las posiciones primitivamente conquistadas por él. El combate no tuvo importancia alguna ni fueron tampoco considerables las pérdidas de ambas partes, y como no sea por el placer de hacer algunas bajas al enemigo aun a riesgo de las que éste puede también causar, no comprendemos el objeto que con dicho ataque se propuso Zumalacárregui.

Mientras se ejecutaban las obras defensivas de la línea de Vitoria a Pamplona, se dirigió Rodil a las Améscoas y el 30 de julio, al frente de siete mil hombres, emprendió su movimiento de avance, encaminándose Espartero que mandaba el ala derecha, por Gastiain, Narqui, Valdelana, Artaza, Corrales y Gollano; el general en jefe, en el centro, avanzó hasta Zudaira, y Lorenzo, con la izquierda, penetró por los altos de la Boana, Eulate y Baquedano. El día 31 estaban las fuerzas de Rodil acantonadas en los cinco pueblos que forman la Améscoa baja, mientras Zumalacárregui al frente de tres batallones llegó por la tarde al alto del puerto de Artaza, desde donde reconoció a su placer las posiciones que ocupaban los cristinos, sorprendiendo su avanzada más próxima, a la cual hizo unos cuantos prisioneros; pero a los primeros disparos se pusieron en armas y atacando a su vez a los carlistas, les obligaron a retirarse a lo más alto del puerto perseguidos por los cristinos que vivaquearon sobre las posiciones conquistadas, cuyo valor defensivo natural, casi equilibraba la inferioridad numérica de los carlistas.

El 1.º de agosto evacuó Rodil la Améscoa pernoctando con sus tropas el día 2 en Muez y sus alrededores para dedicarse a activar los trabajos de la línea y perseguir a Zumalacárregui con una parte de sus tropas, marchando él con el resto a Vizcaya en persecución de D. Carlos, no obstante conocer mejor que nadie lo inútil de este trabajo que se resignó a emprender impulsado por el gobierno de Madrid. Es sin embargo, algo disculpable este error de la opinión, pues a pesar de la célebre frase de Martínez de la Rosa, «un faccioso más», la venida de don Carlos a las provincias del Norte, así como a la larga fué un mal para su misma causa, por el pronto reanimó las fuerzas de sus parciales cuando más lo necesitaban.

El 11 de agosto Zumalacárregui por un movimiento rápido cae sobre Puente la Reina cuya guarnición mandada accidentalmente por el conde de Viamanuel, que se encontraba en aquel punto de paso para el ejército, lo rechaza defendiéndose heroicamente. De vuelta de esta expedición alcanzó Zumalacárregui a Figueras, con quien deseaba tener un encuentro, así como ponía el mayor cuidado en evitarlo con Oraá, que a la desfilada marchaba desde Eraul hacia Abarzuza. Poco a poco y oculto por los bosques que rodean al convento de Iranzo, se le fué acercando y al llegar a distancia convenientemente destacó un batallón para que hostilizase la marcha de Figueras desde su izquierda, al mismo tiempo que cuatro compañías atacaron la retaguardia de la columna apoderándose de todas las acémilas, con las cuales, sin perder tiempo, pasaron el puente de Eraul dejándolas seguras en la vertiente opuesta, antes que Figueras pudiera tomar sus disposiciones para retobrarlas. Zumalacárregui que vió conseguido su objeto, atravesó el río Amézcoa y pernoctó en el valle de Allín, donde le faltó poco para caer en poder de Lorenzo que entraba por la parte opuesta; peligro en que con frecuencia se veían los batallones carlistas, desde que Rodil estableció la línea de Vitoria a Pamplona, limitando en extremo el campo donde la facción podía operar.

La persecución que Lorenzo y Oraá emprendieron contra Zumalacárregui, era cada vez más activa, y no siempre éste podía eludir los combates como le sucedió en Abarzuza, donde sin darle tiempo material para apercibirse a la lucha, tuvo que emprender la retirada por el puerto de Eraul, ante cuyas formidables posiciones se detuvieron sus enemigos. De allí pasó a Artaza donde se ocultó con cinco batallones navarros y dos guipuzcoanos enviando el resto a entretener a Oraá en la Borda del Osua. Figueras desde Contrasta subió por el puerto de Eulate con intención de obligar a los carlistas por medio de un ataque de flanco a bajar el valle de Allín donde debía cargarles la caballería del general Carondelet que ha-

bía salido de Estella aquella mañana situándose en Galdeano. Conocidas las posiciones respectivas de las fuerzas cristinas, Zumalacárregui con la compañía de guías y las catorce de preferencia se dirigió al puerto de Eraul, desde donde pudo ver que Carondelet se retiraba hacia Estella; el terreno que tenía que atravesar la columna cristina se presta favorablemente a una emboscada y no era hombre Zumalacárregui de desperdiciar tan propicia ocasión. Con su pequeña fuerza se corre por el alto de la cordillera y logra establecerse en el desfiladero de las *peñas de San Fausto*, donde espera al enemigo, ordenando que el resto de sus fuerzas marche a Lezaun. El camino desde Galdeano a Estella, después de pasar el río Amézcoa por el puente de Larrión o Artavia, va constantemente serpenteando entre el monte y el río, no permitiendo marchar con gran frente, y además lo escarpado de la cordillera dificulta el flaqueo a columnas de poca fuerza: es el caso que al penetrar la columna en el desfiladero fué sorprendida por una descarga a boca de jarro y acto continuo se precipitaron los carlistas sobre su flanco y retaguardia. En la imposibilidad de combatir en aquel terreno mandó el general ganar la orilla opuesta, única salvación en aquel conflicto, y con cuya maniobra tan atrevida como rápidamente ejecutada, logró formar sus fuerzas y organizar su retirada. Los carlistas se retiraron a Abarzuza, habiéndoles causado más de doscientas bajas y llevándose un gran botín de caballos, acémilas, monturas, armas y equipajes. Desde allí pasó Zumalacárregui a Lumbier, donde dió el 22 parte detallado de esta acción que íntegro, inserta Madrazo en las páginas 163 a 166.

Oraá que oyó el fuego acudió al sitio de la acción, pero ya demasiado tarde, y el general Córdoba, por medio de un ardid, tan atrevido como afortunado, logró salvar los heridos y reunir los dispersos, debiéndose a la presencia de ambos generales el que el enemigo no pudiera perseguir y destrozar por completo a la división de caballería.

Entre los pocos prisioneros que los carlistas hicieron en este combate figuraba el conde de Viamanuel; todos fueron fusilados de orden de Zumalacárregui, a quien este nuevo triunfo aumentó el engrandecimiento de su poder, desmostrando una vez más la firmeza de su carácter y la dureza de su corazón.

La división de caballería, después de este revés, bajó a la Ribera siempre a las órdenes del general Carondelet y reforzada con dos batallones se acantonó en Viana. Esquivando Zumalacárregui un encuentro con las fuerzas combinadas de Lorenzo y Oraá que con notable actividad le perseguían, llegó a Santa Cruz de Campezu en la noche del 3 de septiembre, donde se encontraban acantonados e instruyéndose los trescientos jinetes que por entonces componían la caballería carlista y de los

cuales cuidada Zumalacárregui con el mayor esmero, procurando por todos los medios posibles su aumento y mejora. A pesar de tanta solicitud y cuidado, en la revista que los pasó al día siguiente, vió con disgusto lo imperfecto de su armamento y equipo y lo que le fué aún más doloroso, la poca instrucción de oficiales y soldados. Decidido, sin embargo, a bajar al llano, no quiso desprenderse de su auxilio y con dichas fuerzas montadas, tres batallones y la compañía de guías se dirigió a Viana en busca de Carondelet.

A eso de las tres de la tarde llegó a unos quinientos metros de la ciudad sin ser molestado por su enemigo, que desapercibido se vió atacado por la infantería carlista antes de adoptar las primeras disposiciones para la defensa; no quiso o no pudo el general cristino defender la población y la evacuó saliendo en dirección de Mendavia, y apenas el terreno lo permitió formó los escuadrones en batalla apoyados sus flancos en la infantería. La caballería carlista inició una carga que no se atrevió a dar, lo cual visto por Zumalacárregui determinó que éste se colocara al frente de ella, y después de dirigirles la palabra se lanzaron con decisión al ataque: no con menos valor resistió el choque la caballería cristina, pero al fin fué arrollada por los *lanceros de Navarra*, que se cubrieron de gloria aquel día. La división cristina reorganizada a orillas del Ebro se retiró a Logroño y Zumalacárregui pernoctó en Viana, donde quedaban algunos rezagados cristinos encerrados en las casas, los cuales hicieron tan heroica resistencia, que al fin lograron salvarse; el caudillo carlista marchó al día siguiente a Alegría de Alar, saboreando este nuevo triunfo, que exagerado por sus parciales, aumentaba la fuerza moral de sus huestes, al mismo tiempo que producía un efecto fatal en el gobierno de Madrid, exacerbando la opinión pública, soliviantada ya con el suceso desgraciado de las *peñas de San Fausto*.

Pocos días habían trascurrido cuando se presentó a Zumalacárregui un vecino de Echarrí-Aranaz proponiéndole de parte de un oficial que estaba en el fuerte los medios de apoderarse de él con toda la guarnición, víveres, municiones y varios efectos de guerra que podían utilizar los carlistas. Bastaba para esto acudir en número suficiente una noche en que estuviera de servicio dicho oficial, el cual se comprometía a abrir la puerta, dando a los agresores franca entrada.

La empresa no podía ser más del agrado de Zumalacárregui, fácil de ejecutar y pudiendo reportarle grandes ventajas materiales sin arriesgar ni comprometer su gente, le permitiría poder dar un golpe moral al ejército cristino rompiéndole su línea Vitoria-Pamplona y destruirle uno de sus fuertes cuya reedificación había de costarle un tiempo, durante el cual Zumalacárregui no sería objeto de la activa persecución que estaba su-

friendo. Así es que despidió al paisano, aceptando las proposiciones del oficial y esperó. Llegado el día convenido subió Zumalacárregui con su gente a la sierra de Urbasa, y a la media noche se separó con dos compañías de preferencia a las que municionó y detalladamente explicó la operación que iban a efectuar, instruyéndoles del modo cómo debían llevar a feliz término la sorpresa del fuerte. Satisfecho el caudillo carlista de que todos y cada uno sabían perfectamente lo que tenían que hacer, emprendió la marcha al frente de ellas y seguidos por dos batallones que debían ayudarlas, dejando el tercero más a retaguardia como reserva y en posición conveniente.

Con el más profundo silencio penetró la columna en el pueblo y al dar las dos el reloj, el paisano mensajero del oficial imitó el maullido del gato, viéndose a poco cruzar una luz por detrás de las aspilleras, en vista de lo cual dos paisanos de los que iban con la columna se aproximaron a la puerta del fuerte y llamaron con el pretexto de entregar un parte al gobernador. El oficial traidor, que era comandante de la guardia, llegó a la puerta mandando abrirla y saliendo como a reconocer a los que traían el parte. Cuando los carlistas sintieron abrir la puerta, se adelantaron hacia ella, pero el temor les hizo vacilar y el sargento de guardia que oyó el ruido de pasos cerró con prontitud la puerta dejando burlados a los que debieron ya creer estaba terminada su obra; la guardia y en seguida la guarnición rompieron el fuego, con lo que se aumentó el desorden y confusión en las fuerzas carlistas que se apresuraron a sacar de allí a su jefe volviéndose al alto de la sierra.

Frío y silencioso remontaba Zumalacárregui el camino que poco antes había recorrido acariciando las más lisonjeras esperanzas, y los que conocían lo violento e impaciente de su carácter, no sabían a qué atribuir aquella aparente indiferencia tan rara en él después de un suceso desgraciado para sus armas. Pronto pudieron convencerse de que aquella calma era precursora de un nuevo derramamiento de sangre, pues apenas llegó la columna al alto de la sierra mandó formar el cuadro con los tres batallones, colocó en su centro las dos compañías a quienes había confiado la misión de penetrar las primeras en el fuerte, les habló procurando demostrarles que los únicos culpables de que se hubiese frustrado tan fácil como importante empresa eran los soldados que formaban las cabezas de ambas compañías, y en nombre de la disciplina, relajada por la cobardía de éstos, mandó sorteasen y fusiló a los dos primeros, uno por cada compañía: aunque era su ánimo llevar más adelante el castigo, esta vez cedió el despecho a la compasión y terminó la efusión de sangre.

Aún no llevaba Zumalacárregui un año al frente de la facción navarra y ya se componía ésta de cinco batallones, de mayor fuerza que los

de las provincias hermanas, dos compañías de guías y trescientos caballos; todos los individuos eran voluntarios o desertores del ejército liberal; cada soldado tenía un real diario de socorro, uno y medio los cabos, dos los sargentos segundos y tres los primeros, además de la ración de campaña compuesta de una libra de carne, dos de pan y una pinta de vino. Los oficiales cobraban: los subalternos la mitad y los capitanes y jefes la tercera parte del sueldo de su clase en el ejército cristino, más la ración de campaña de la misma calidad que la de la tropa, pero en doble cantidad, cualquiera que fuese su grado. Los días de acción, se acostumbraba a dar ración de aguardiente cuando era posible. A los oficiales de infantería que tenían caballo se les daba media ración de pienso.

Con grandes trabajos llegó a establecer en las Améscoas varios talleres, donde armeros vascongados, hacían las frecuentes recomposiciones que exigía el uso y la mala calidad del primitivo armamento carlista. También consiguió Zumalacárregui establecer varias fábricas de pólvora, trayendo el salitre necesario de Francia y hasta de Aragón. No es posible en vista de estos hechos desconocer el gran mérito que como organizador contrajo Zumalacárregui, creando y sosteniendo un ejército, que aunque poco numeroso, bastaba para sostenerse en el campo y molestar a su enemigo y esto sin más recursos que los que proporcionaba el país por las aduanas que estableció, por una pequeña contribución sobre el clero y por las multas impuestas a los particulares tachados de afectos a la causa liberal.

Con la llegada del Pretendiente al campo carlista poco o nada aumentaron los recursos pecuniarios a pesar de haberse establecido el gobierno y la corte, hecho que todos creían determinaría la llegada de fondos del extranjero para poder aliviar algo a los pueblos; pero a medida que la corte de D. Carlos iba aumentando en número y creándose una numerosa masa de cortesanos, iban perdiendo los militares su legítima influencia y con ella la causa carlista fuerza y unidad. A pesar de su ferviente realismo no dejaba Zumalacárregui de conocer que la reunión de tanta gente ociosa había de dar pronto malos frutos con sus maquinaciones e intrigas, creyendo que el prestigio de su nombre bastaría para deshacerlas, pero no alcanzó a ver que de aquellos palaciegos habían de nacer para él muchos enemigos, y lo que es peor y una triste experiencia vino más tarde a demostrarle, habían de hundir en el más profundo abismo la causa por la que con tanto fervor y fortuna combatía. De carácter fuerte, enérgico en sus convicciones, no comprendía la adulación, él que siempre de palabra y por escrito se expresó con la franqueza más ruda; pronto, sin embargo, vino a sacarle de su error un acto del monarca al parecer de poca importancia, pero que en realidad debió convencer a Zumalacárregui

que había terminado la época en que era él árbitro y único jefe de la facción navarra.

Poco después de la entrada de D. Carlos en España se dispuso una saca de todos los solteros útiles para llevar las armas, formando con ellos el 6.º, 7.º, 8.º y 9.º batallones navarros. En vano Zumalacárregui se opuso a esta idea prematura, pues no teniendo armas ni recursos para mantenerlos, creía no harían sino consumir raciones sin proporcionar utilidad: con poderosas razones les hizo ver que era más perjudicial que útil para la causa carlista levantar más gente que la que buenamente se puede armar y organizar y mantener; que los mozos en los pueblos prestaban muy buenos servicios a la causa carlista corriendo partes, vigilando las avenidas de los cantones mientras las tropas descansaban, labrando la tierra y cuidando sus ganados para poder racionar la gente en armas; todo fué inútil, las órdenes del Pretendiente se cumplieron y los batallones se formaron: con el sexto se quedó Zumalacárregui para irle equipando como se lo permitieran las circunstancias de la guerra y los otros tres fueron a Burguete y Roncesvalles a empezar su instrucción y esperar armamento.

Con las dos compañías de Guías, la escolta de la Junta de Navarra y soldados escogidos entre la gente veterana de los batallones, los desertores de las filas cristinas y los voluntarios que de las demás provincias de España se presentaban en el campo carlista, formó el batallón de *Guías de Navarra* el cual prestó excelentes servicios aliviando a los demás batallones de los servicios más penosos y sangrientos. Los oficiales y clases de tropa que no cumplían honrosamente con su deber en los demás cuerpos eran destinados como soldados al batallón de Guías, hasta que por sus méritos se hacían acreedores a volver a sus antiguos puestos. Todo esto contribuía a que el batallón no tuviese ningún género de preferencia sobre los demás cuerpos.

Su fuerza cuando fué creado era de 600 plazas que se aumentaron luego hasta 1.000; pero tan duro había sido su servicio, que a la muerte de Zumalacárregui había tenido más de 1.600 bajas entre muertos e inútiles. Su uniforme, distinto del de los demás batallones, se componía de boina, pantalón rojo y capote gris con vueltas amarillas. Este batallón, el 3.º de Navarra, conocido vulgarmente por el del *Requeté* y el sexto, eran los predilectos del caudillo guipuzcoano que los distinguía entre todos los que estaban a sus órdenes.

Aumentado ya el número de éstos, parecía natural la organización de las fuerzas carlistas por brigadas. Zumalacárregui no lo consideró así, antes al contrario, los primeros jefes de batallón dependían directamente de su autoridad; a ellos daba sus órdenes para lo que cada uno debía ejo-

cutar con la fuerza de su mando y sólo en caso de acción o de destacarse más de un batallón, iba a las órdenes de alguno de los jefes que como Iturralde, Sarasa, Gómez, etc., etc., le acompañaban. Unicamente en el caso de ser los batallones de otra provincia se dirigía al comandante general de ella.

El territorio donde Zumalacárregui operaba generalmente, era el comprendido entre la frontera francesa y los ríos Oria, Ebro y Aragón, pero su residencia habitual era Estella; sin embargo, después de la acción de Viana creyó Zumalacárregui ser ocasión propicia para pasar el Ebro y proporcionarse algunos recursos con que vestir y abrigar sus soldados en el próximo invierno mejorando también el equipo y armamento de su caballería que carecía hasta de las prendas más precisas.

Para conseguir su objeto proyectó sorprender las fábricas de paños de Ezcaray, empresa arriesgada porque después de pasar el Ebro era preciso internarse seis leguas en Castilla, para lo cual y volver a Navarra se necesitaba un tiempo mayor que el que necesitaría el ejército liberal para poder acercarse al Ebro y dificultar si no impedir el regreso de la expedición. Con objeto de desorientar a su enemigo inició Zumalacárregui un movimiento hacia el Norte y en cuanto supo que las columnas que le perseguían tomaban la misma dirección, contramarchó rápidamente llegando al Ebro que vadeó por Tronconegro, pero descubierto su movimiento por una avanzada de caballería cristina, que entretuvo largo tiempo a su vanguardia antes de cederle el campo y que después llevó el aviso a los cuerpos próximos, no creyó y con razón, acertado internarse, y pernoctando en Briones, al siguiente día repasó el Ebro y volvió a Navarra.

No era hombre Zumalacárregui que abandonara pronto la ejecución de un plan ya concebido y a los pocos días volvió a pasar el Ebro, con el mismo objeto que la vez anterior; pero la fortuna que tan grande y principal papel representa en todas las operaciones de una campaña protegía visiblemente las fábricas de Ezcaray. Apenas la vanguardia carlista había vadeado el Ebro, encontró como anteriormente una pequeña columna compuesta de un batallón de la Guardia Real y un escuadrón que marchaban desde Casalareina a Logroño custodiando un convoy de armas. Los dos escuadrones carlistas salieron inmediatamente en su persecución: el convoy escoltado por la caballería cristina siguió su marcha mientras la infantería tomó posición en una pequeña altura a retaguardia de Fuenmayor, logrando detener a los jinetes carlistas durante algún tiempo, que bastó para que los batallones navarros llegasen al sitio del combate; el batallón de la Guardia que no podía sostenerse, emprendió su retirada, pero equivocando el camino en vez de seguir el de Logroño

tomó el de Navarrete, de modo que al descender al llano se encontraron envueltos por los batallones carlistas y hechos prisioneros. Con este falso movimiento quedó franco el camino de Logroño por el que se precipitó la caballería carlista logrando alcanzar el convoy, pero la escolta de éste hizo alto y cargando a los carlistas, logró desordenarlos completamente. Furioso Zumalacárregui al ver sus escuadrones deshechos y en vergonzosa fuga ante un número menor de enemigos, reunió sus jinetes y a la cabeza de ellos cargó a la caballería cristina, que vencida por el número fué arrollada, dejando en poder del enemigo el convoy compuesto de 2.000 fusiles, que aquella misma noche pasó el Ebro para ser conducido a Navarra.

Tanto la acción de Viana como el combate de Fuenmayor donde la caballería carlista sacó notable ventaja a la cristina, fueron muy comentados entre los militares, y la opinión de la mayoría atribuyó estos triunfos al uso de la lanza poco usada por entonces en la caballería cristina, que no tardó en verse armada con ella casi en su totalidad. Desde Fuenmayor se dirigieron los carlistas a Cenicero, cuyos urbanos se encerraron precipitadamente en la iglesia, desde donde rompieron el fuego contra los carlistas.

Manda Zumalacárregui al batallón de Guías que los ataque, pero sus esfuerzos se estrellan contra la energía de los defensores; se les intima la rendición que es contestada a balazos; jurando morir antes que rendirse; ordena el caudillo carlista incendiar las casas de los urbanos y cuando éstos pudieron ver convertida en humo y cenizas su fortuna, les intima Zumalacárregui por segunda vez la rendición y los bravos defensores le contestan que no se rinden a incendiarios, obstinando más aún su defensa. Furioso Zumalacárregui y viendo que nada podía conseguir por el terror, apeló a la dulzura, pero los urbanos estaban decididos a morir y no hacían en ellos más efectos los halagos que la violencia; entonces mandó aplicar a la torre combustibles para asfixiar a sus defensores y convencido de que todo era inútil después de ventisiete horas de infructuoso asedio, se retiró la facción, mustia y cabizbaja, al otro lado del Ebro, dejando en Cenicero doloroso recuerdo de sus instintos vandálicos y gloria inmarcesible para los heroicos defensores de la Reina.

Volvió Zumalacárregui a Navarra y con los dos mil fusiles completó el armamento de los nueve batallones navarros, aumentó los aduaneros y partidas sueltas, lo cual dificultó mucho las comunicaciones de los diferentes puestos del ejército liberal entre sí y con el general en jefe, y disponiendo ya de más fuerza, llamó a Eraso que a la sazón mandaba en Vizcaya, y con tres batallones le destinó a operar en el valle de Orba, Aoiz y Lumbier, país muy conocido de aquél y en el que tenía gran

prestigio. Sagastibelza con los batallones 5.º y 8.º maniobraba en el valle de Baztán y frontera de Francia. Mancho amagaba el alto Aragón desde el valle del Roncal y Zumalacárregui con el resto de sus fuerzas seguía por las Améscoas o el valle de Berrueza evitando los encuentros de sus constantes perseguidores Lorenzo y Oraá. Por entonces fué destinado a la llanada de Alava el general O'Doyle que con las fuerzas de su mando se acantonó en Alegría.

En cuanto Zumalacárregui supo la situación que ocupaban las fuerzas de O'Doyle, resolvió sorprenderle evitando de este modo que llegara este general a bloquearle en las Améscoas. Para conseguir su deseo necesitaba sacar por lo menos una marcha de ventaja a Lorenzo y a Oraá, acantonados a la sazón en los Arcos. Con este objeto aparenta pernoctar en la Berrueza y el 26 de octubre, después de anochecer, pasó el puente de Arquija, acantonándose en Santa Cruz de Campezu, con seis batallones y cuatro escuadrones; allí esperó hasta saber el movimiento que emprendía Lorenzo y Oraá, y viendo que no parecía tuviese intención de moverse de Los Arcos, y reforzado con cinco batallones alaveses y guipuzcoanos, destacó a Iturralde con parte de la gente para que por el puerto de Herenchun cayese sobre Alegría, mientras él con el resto de la fuerza marchó por el inmediato puerto de Echevarri. Desde el alto de éste vió Zumalacárregui a un fuerte destacamento enemigo que regresaba a Salvatierra, después de recoger de los pueblos inmediatos los pedidos atrasados y de conducir presos varios carlistas a Vitoria. Al saber estas noticias Zumalacárregui bajó al llano y atacó al destacamento que siguió su marcha penetrando en Salvatierra sin novedad. Al ruido de los tiros, el general O'Doyle formó sus tropas y se dirigió con ellas al sitio del combate; al verle venir Zumalacárregui, desplegó un batallón navarro en guerrilla, cubriendo a dos formados en batalla, apoyados los flancos por la caballería y sirviendo de reserva un batallón alavés. Iturralde con tres batallones había descendido por el puerto de Herenchua, entrando en Alegría poco después de la salida de los cristinos, cuyas huellas venía siguiendo. Cerca de Arrieta hizo alto O'Doyle, formó sus tropas en orden de combate y rompió el fuego de artillería contra los batallones que veía a su frente. Zumalacárregui vió en este momento que Iturralde estaba ya a retaguardia de su enemigo y sin perder instante dispuso sus batallones en masa y avanzó sobre él sin que el nutrido fuego de artillería y fusilería con que les recibió el enemigo pudiese detenerlos. Un batallón del 6.º de línea que con ánimo de contener tan impetuoso ataque, se arrojó a la bayoneta sobre la columna carlista, fué destrozado y su derrota acarreó la de toda la división, que al emprender su retirada se encontró envuelta y cortada por los batallones de Iturralde (6.º de Navarra,

3.º de Alava y 2.º de Guipúzcoa). En este crítico momento la caballería carlista cargó a fondo y la sangre corrió abundante. Zumalacárregui sobre un caballo negro recorría el campo de batalla animando a los suyos con la terrible frase: ¡No hay cuartel! La victoria coronó al caudillo carlista, que se hizo dueño de la artillería y banderas de su enemigo, cogiendo prisioneros a todos los que por entonces pudieron escapar con vida de las lanzas y bayonetas carlistas, rojas de sangre cristina, entre ellos al mismo O'Doyle, su jefe de Estado Mayor y muchos oficiales. De esta división sólo se salvaron quinientos hombres, que con el mayor orden se encerraron en las casas de Arrieta decididos a defenderse y vender caras sus vidas; contra ellos fué el tercer batallón navarro y les intimó la rendición, y viendo que nada conseguía de ellos y que la noche se venía encima, rodeó el pueblo esperando al siguiente día para acometerles.

Durante la noche llegaron a Vitoria noticias detalladas de lo ocurrido y a la mañana siguiente el general Osma con todas las fuerzas de que pudo disponer, salió a vengar el desastre del día anterior; al llegar a la vista del enemigo hizo alto, tomó sus disposiciones para el combate y esperó.

Zumalacárregui muy superior en fuerzas a su contrario y levantado además su espíritu con la victoria del día anterior, arengó a su gente y atacó al enemigo, obligándole a emprender la retirada sobre Vitoria, donde entró éste en completo desorden a pesar de lo que trabajaron la caballería y artillería para contener al enemigo y hacerle desistir de su persecución. Los refugiados en Arrieta lograron evadirse durante la acción e incorporarse a las fuerzas del general Osma, que tuvo más de mil bajas en esta acción. La mayor parte de los prisioneros cristinos de la clase de tropa pasaron a reforzar los batallones carlistas, siendo fusilado el general O'Doyle y casi todos los jefes y oficiales cristinos hechos prisioneros en aquellos dos días tan aciagos para las armas liberales en Alava. En aquella noche ocurrió un suceso terrible, borrón eterno del partido carlista; al retirarse los batallones venían a su retaguardia 180 prisioneros, custodiados por una compañía de escasos treinta hombres de fuerza cuyo capitán manifestó a Zumalacárregui que con tan poca gente no podía guardar tantos prisioneros. «Pues que los lleven atados»—contestó éste—. «Es que no hay cuerdas»—replicó el capitán—. «Pues fusilarlos»—ordenó Zumalacárregui—, y acto continuo fueron aquellos infelices muertos a bayonetazos (Henngsen).

El 29 revistó Zumalacárregui los once batallones que habían tomado parte en las dos acciones de la llanada de Alava y al día siguiente los diseminó, pasando él mismo a Oñate, donde el Pretendiente le impuso por su mano la gran cruz de San Fernando, merced que agradeció como sabía

el caudillo carlista y que le indemnizó por el momento de los muchos sinsabores que le iban causando la corte y los cortesanos de Carlos V.

El 1.º de noviembre se incorporaba otra vez a sus batallones en Leizor donde publicó el célebre bando que sólo respira sangre e inhumanidad en sus ocho artículos; la imparcialidad me obliga a decir que tampoco los generales cristinos pecaban de humanos y blandos en sus disposiciones, y que todo demostraba el furioso encarnizamiento con que ambos partidos se hacían la guerra con sentimiento de propios y asombro de los extraños.

Por entonces nombró el gobierno de Madrid general en jefe del ejército del Norte, al veterano D. Francisco Espoz y Mina que hacía tres años residía en Francia y cuya quebrantada salud no le había de permitir sacar partido de sus buenas cualidades, aunque no existieran otras razones que por sí solas eran más que suficientes para augurar que no sería tan feliz en la nueva campaña que iba a emprender como lo había sido en la guerra de la Independencia cuando tenía en su favor al país que ahora le era evidentemente hostil.

Zumalacárregui desde Villamayor se dirigió a Sesma donde a la sazón estaba acantonado el brigadier D. Narciso López con tres batallones y setecientos caballos; no tardó éste en saber la marcha del caudillo carlista y organizó su defensa al amparo de los edificios de Sesma, operación muy censurada entonces, pero que considerada a sangre fría era la única que podía hacerse delante de un enemigo que avanzaba resuelto con siete batallones y cinco escuadrones, además de la artillería cogida a O'Doy-le en los campos de Alegría. La caballería se mantuvo fuera del pueblo hasta que hostilizada por los tiradores carlistas, que al abrigo de las cercas de las heredades se les iban aproximando, se replegó al pueblo. Los carlistas atacaron éste, pero rechazados constantemente por sus adversarios, se retiraron al llegar la noche sin haber conseguido ventaja alguna pues hasta unas cuantas granadas que arrojaron a la población, causaron en ella escaso destrozo.

Constante Zumalacárregui en su propósito de invadir la ribera de Navarra, en la noche del 7 bajó hacia ella y al amanecer del 8 contramarchó hacia la montaña y cuando juzgó que había desorientado a sus enemigos se dirigió a Peralta, dejando en esta villa algunos batallones y ocupando los restantes el camino de Lerín.

Sin perder tiempo hizo comunicar Zumalacárregui todas las casas de las manzanas próximas al fuerte, aspillero las cercas de la huerta que le rodeaba. Colocó en batería las dos piezas y acopió paja, leña y otros combustibles, y terminados todos los preparativos para ataque, intimó la rendición a los defensores del fuerte, dándoles un cuarto de hora para

deponer las armas. Era comandante del fuerte D. Fermín de Iracheta, amigo del ayudante, secretario y biógrafo de Zumalacárregui, D. Juan Antonio de Zaratiegui, quien en carta particular le aconsejó se rindiese, pues su perdición era segura, tan pronto comenzara a jugar la artillería. Más fuerte en Iracheta la voz del deber que el temor del peligro, rechazó todas las proposiciones, decidido a morir antes que rendirse. En vano Zumalacárregui puso de su parte a la desolada esposa de Iracheta; de nada sirvieron los impulsos del amor conyugal, y como insistiese ésta en su demanda la obligó a retirarse, amenazándola con que rompería el fuego si no se retiraba inmediatamente.

Viendo el caudillo carlista la entereza del comandante, empezó el ataque, logrando introducir algunas granadas dentro del fuerte, cuyos defensores contestaban con fuego tan nutrido y certero que hacía a éstos muy difícil el servicio de las piezas; suspendió Zumalacárregui el ataque en vista de esto, tratando durante la noche de adelantar sus trabajos con ánimo de dar el asalto a la madrugada, pero los sitiados no se descuidaron por su parte y derribando una de las dos escaleras que daban acceso al edificio, aún no terminado, imposibilitaron la aproximación del enemigo, que a las cuatro de la tarde se retiró sin conseguir ventaja alguna de esta operación, como no fuera el placer de estropear los muebles, derramar el vino y llevarse los frutos con algunas cabezas de ganado lanar y mular.

Aunque no debió halagar mucho a Zumalacárregui el principio de su expedición a la ribera, como estaba su amor propio interesado en que el Pretendiente visitase esta parte de Navarra, donde no era conocido personalmente, no quiso desistir de ella y a la cabeza de la vanguardia vadeó el río Aragón y ocupó Villafranca a donde no tardó en llegar don Carlos con las demás tropas. Al primer aviso de la aproximación de los carlistas se encerraron los nacionales en la iglesia y en cuanto apareció la vanguardia rompieron el fuego contra ella causándola bastantes bajas. Pronto la artillería carlista forzó las puertas de la iglesia, pero el interior no quedaba practicable sin gran peligro de los asaltantes. Entonces reuniendo gran cantidad de combustibles impregnados en aguarrás se colocaron en el hueco de la torre y se les dió fuego. No pasaron muchas horas cuando las llamas salían por las ventanas más bajas, el incendio se iba propagando con espantosa rapidez y pronto se dejaron oír las voces de las mujeres y los niños de los defensores implorando socorro.

Los sitiadores seguían dirigiendo sobre la torre un fuego terrible y los defensores por su parte no desperdiciaban ocasión de molestar a sus enemigos. A las diez de la noche las llamas ocultaban la torre de la iglesia y el fuego seguía nutrido por ambas partes; al amanecer, los sitiados

preguntaron si se les daría cuartel y se les contestó que a los hombres no, pero que se perdonaba las vidas de las mujeres y niños, a los que se permitiría salir de la iglesia, lo cual se verificó siendo eficazmente auxiliadas por los carlistas, en su peligroso descenso.

Al terminar éste se encontraban con Zumalacárregui que sin respetos a su sexo ni a su edad, los trataba ásperamente, llegando en su mal humor a castigarlas con el látigo. Acción es ésta que no podemos disculpar y que no está conforme con los usos de la guerra. Los sitiados continuaron su defensa hasta que después de media noche y cuando el incendio iba a concluir con los que aún quedaban con vida en la torre, se rindieron a discreción, débiles y extenuados por la fatiga y el humo. Treinta hombres, tres mujeres y dos niños habían perecido en la torre; el resto de sus defensores fué al siguiente día pasado por las armas, a las mujeres las cortaron el pelo y las emplumaron paseándolas sobre asnos por las calles de Villafranca durante dos horas dejándolas al cabo de ellas en libertad. El gobierno de la Reina gobernadora premió, como en aquella época se acostumbraba, a los defensores de Villafranca, mandando abrir causa a los cómplices de los carlistas en el infausto acontecimiento del 28 de Noviembre.

Desde Villafranca por Caparroso y Carcastillo se dirigió Zumalacárregui a Sangüesa y de allí a Lumbier, en tanto los cristinos reunían sus fuerzas en los alrededores de Estella, mandados por el joven D. Luis Fernández de Córdoba, pues la delicada salud del general en jefe no le permitía salir de Pamplona. Zumalacárregui engreído con sus recientes triunfos y ávido de conseguir mayores resultados se acantonó en el valle de Berrueza con once batallones y cuatro escuadrones provocando a su adversario. No se hizo éste esperar mucho y el 12 de diciembre a la una de la tarde las divisiones de la ribera y 1.^a y 2.^a del ejército del norte desembocaban en el valle; la infantería de la división de la ribera por el camino de Ubago: la caballería y artillería, por el de Muez y molino del Congosto, y las divisiones 1.^a y 2.^a, por el puerto de San Gregorio; los batallones según iban llegando al llano formaban en masa y adelantaban sus guerrillas a vanguardia de las brigadas que iban en cabeza. Zumalacárregui esperaba en posición entre los pueblos de Asarta y Mendaza, habiendo colocado cuatro batallones en los pliegues de la peña de Mendaza al mando de Iturralde; otros cuatro bajo sus inmediatas órdenes en el ángulo saliente de la peña de Asarta y los tres batallones restantes de alaveses y unos quinientos caballos a las órdenes de Villareal formaban el centro algo a retaguardia de sus flancos y en terreno llano. El proyecto de Zumalacárregui era atraer hacia el centro a los cristinos y luego que empeñasen el combate avanzar sobre sus flancos procurando envol-

verlos, para lo cual Iturralde debía mantener ocultos sus batallones hasta el momento oportuno. Los cristinos establecieron su artillería y cubriendo su flanco izquierdo con la caballería, se dirigieron al enemigo; entonces Iturralde adelantó sus batallones unos seiscientos pasos, al mismo tiempo que Zumalacárregui desplegaba sus guerrillas y amenazaba el flanco izquierdo de sus enemigos destacando dos pequeñas columnas desde la ermita de Leciñana. Visto esto por Oraá, ordenó que el jefe de la plana mayor, D. Manuel de la Concha, con los tiradores de Isabel II, un batallón de Gerona y otro de la Princesa, variasen a la derecha y remontando los montes de Piedramillera y Mendaza, envolvieran las posiciones del enemigo por su izquierda, mientras le atacaban de frente diez compañías de la Guardia y los tiradores del regimiento de la Princesa.

La posición de los batallones de Iturralde era muy comprometida y Zumalacárregui comprendió que por este movimiento de los cristinos su centro y derecha quedarían también envueltos si permanecía en aquella posición, en vista de lo cual descendió al llano y cambió de frente adelantando el ala derecha colocándose casi paralelo a la línea de batalla de los cristinos que mandaba el general Córdoba en persona. No estaban los soldados de Zumalacárregui lo suficientemente instruídos para hacer esta maniobra al frente del enemigo, así que al desplegar en batalla al nuevo frente, hubo entre ellos bastante confusión de que no supieron sacar partido los cristinos. En este momento la primera brigada se posesionaba del alto de la sierra de Mendaza, y Oraá dió parte al general Córdoba el que por dos veces le ordenó se retirase por la falda de la montaña. Oraá conoció que aquella orden no podía fundarse más que en el error de creer que eran carlistas las tropas de su brigada por lo cual no la obedeció avisándole que estaban empeñadas fuertemente, que el enemigo huía en derrota y que por aquella parte estaba ganada la acción. Córdoba le ordenó que reuniendo todas las fuerzas posibles acudiese sobre el centro que flaqueaba: mandó Oraá en el acto cuatro compañías de cazadores y se fué detrás de ellas sobre el centro desde donde vió y comunicó que el fuego que se hacía desde el alto de la peña de Mendaza era de su primera brigada que lo hacía sobre el flanco y retaguardia del enemigo, al cual poco tiempo después logró desalojar del pueblo de Mendaza persiguiéndole hasta el encinal de Acedo. Al mismo tiempo fué cargada la derecha enemiga, y se retiró precipitadamente por los montes de Santa Cruz y Acedo. Las tropas cristinas pernoctaron en Mendaza, Piedramillera, Asarta y Sorlada.

Diecinueve muertos y 79 heridos costó esta acción a las tropas liberales; los carlistas tuvieron cerca de cuatrocientas bajas, de las cuales

ochenta y cuatro quedaron en el campo, y sin la obscuridad de la noche muchos carlistas hubieran sido prisioneros; hasta el mismo Zumalacárregui estuvo en gran peligro de perecer por haber caído con su caballo al pasar una zanja. El combate fué desventajosísimo para los carlistas y se murmuró entre ellos de que Zumalacárregui hubiera presentado una batalla campal teniendo el enemigo fuerzas superiores en número e instrucción y en un sitio de fatal agüero para las armas carlistas. Dicen sus apasionados que en caso de vencer, veinte batallones y toda la caballería con el pretendiente a la cabeza hubieran pasado el Ebro y tomado el camino de Madrid a cuyas puertas hubiesen llegado casi al mismo tiempo que la noticia, pero lo cierto es que después de perder la acción, Zumalacárregui pasó el Ega, se acantonó en Zúñiga, evacuó sus heridos, municionó la gente y se dispuso a esperar los acontecimientos en previsión de que el enemigo quisiera cruzar el Ega, cuyo caudal aunque no el suficiente para impedir el paso por cualquier punto con facilidad, es bastante para utilizar su curso entre rocas en la defensa. El puente de Arquijas de poca longitud está situado en un sitio agreste cerrando la entrada de una garganta detrás de la cual se abre el primer llano de Alava, la llanura de Santa Cruz de Campezo, y da frente al camino de Navarra que se desarrolla en pendiente hasta llegar a una gran explanada también cubierta de bosques en cuyo centro se levanta la ermita de Arquijas. Zumalacárregui hizo cortar algunos árboles formando talas en la orilla izquierda, destruyó el puente y situó tres batallones sobre las alturas que del lado de Zúñiga le dominaban.

Una fuerte y constante lluvia impidió todo movimiento hasta la tarde del 14 en que el general Córdoba ordenó a Oraá practicase un reconocimiento, sin comprometer acción en el caso probable de encontrar al enemigo con fuerzas superiores o en ventajosas posiciones. Desde la ermita de Nuestra Señora de Arquijas descubrió Oraá las posiciones y colocación de las fuerzas enemigas y sin disparar un tiro se replegó a Sorlada donde pernoctó pasando al siguiente día a Los Arcos a conferenciar con el general Córdoba, que en vista de los datos suministrados, formó su plan de ataque, hábilmente concebido aunque de difícil realización con los escasos medios de que podía disponer el general cristino.

La primera división mandada por el mismo general Córdoba, debía dirigirse al puente de Arquijas y atacar de frente al enemigo; la segunda, al mando de Oraá, debía pasar el Egea por el puente de Galbarra, envolviendo el bosque situado a la derecha de Zúñiga en el camino que va al valle de Ancín, hasta llegar a apoderarse de Zúñiga; y una tercera columna debía pasar el Ega por el vado próximo al molino de Zúñiga

apoyando a la primera división: en la ermita de Arquijas debían quedar los equipajes y una reserva de tres batallones, y por la parte de Santa Cruz debía ir más tarde el coronel Gurrea con su columna a tomar el puente de Urbizo, único punto de retirada que tenían los carlistas para el valle de Arana.

Al mediodía rompió el fuego la división Córdoba y apoyada por una batería, desde la ermita empezó a descender al río que varias veces pasaron algunos de sus batallones, siendo siempre rechazados por los carlistas al arma blanca; viendo esto el general Córdoba y sin saber de Oraá ni de Gurrea mandó que el batallón de Sigüenza, escoltando los heridos y la impedimenta, marchase por Muez a Los Arcos, y el resto de los batallones de reserva bajasen al llano formando en línea de columnas frente a Nazar y Asarta, observando el desfiladero de Santa Cruz, por donde temía ser envuelto.

Zumalacárregui viendo que las fuerzas opuestas eran muy inferiores en número a las que tomaron parte días antes en la acción de Mendaza, esperaba cuidadoso un ataque de flanco y había destacado ordenanzas montados en todas direcciones para descubrir los movimientos del enemigo; a las dos de la tarde tuvo noticia del movimiento de Oraá y sabiendo ya a qué atenerse ordenó a Villareal e Iturralde que con cinco batallones salieran a su encuentro. Oraá, que oyó el fuego hacia el puente, ordenó que seis compañías de cazadores tomasen la altura del sur de Valdelana, mientras él continuaba su movimiento envolvente. Al salir al llano de Barabia apareció un batallón faccioso que avanzaba desordenadamente contra el cual cargaron las compañías de granaderos de la Guardia, llevando en reserva al 2.º batallón de la Princesa mientras el 1.º del Infante y el 2.º de Soria ocupaban el camino que por la falda del barranco va a Alda y Uribarri-Arana y él con el resto de las fuerzas remontó la sierra de la peña de la Gallina para proteger y auxiliar a las compañías de cazadores que operaban al sur de Valdelana. Al dar éstas vista a Zúñiga, observaron que el enemigo dirigía todas sus reservas sobre Oraá, el cual aunque logró rechazar a los primeros batallones carlistas tuvo por fin que mantenerse a la defensiva, pero las municiones iban escaseando, la posición era crítica, la retirada muy difícil y Oraá, decidido a jugar el todo por el todo, avanzó por el centro y sin disparar un tiro logró desalojar al enemigo de sus principales posiciones. El triunfo parecía estar ya en manos de Oraá, pero una orden mal transmitida hizo que el 2.º de Granaderos abandonase la peña de la Gallina de la cual se apoderaron acto continuo los carlistas, rompiendo el fuego sobre el flanco y retaguardia de las compañías de cazadores más avanzadas, mientras que tres batallones las carga-

ban a la bayoneta. Los cazadores tuvieron que ceder a la superioridad del número y su situación mejoró gracias a un cambio de frente que les cubrió del fuego que estaban sufriendo desde la peña de la Gallina.

En estos momentos la columna de Gurrea amagaba la derecha carlista bajando por el puente de la Escalera a Santa Cruz de Campezo. Oraá reunió sus fuerzas y haciendo de la necesidad virtud, atacó heroicamente tomando las posiciones enemigas que abandonaron los carlistas replegándose hacia Urbiso; a las siete de la noche ya estaba Oraá en Zúñiga donde se le había incorporado el coronel Gurrea con la columna de su mando. El general Córdoba se había retirado con su división a Los Arcos. Los carlistas registran esta acción en el número de sus victorias, fundados en que Córdoba no pudo forzar el paso del Ega y se retiró a Los Arcos, pero no pueden negar que Oraá estuvo acantonado aquella noche en Zúñiga y que ellos se retiraron a Urbiso de donde no se atrevieron a volver sobre las columnas de Oraá y Gurrea a pesar de su inferioridad numérica y de lo quebrantadas que debían hallarse después de los esfuerzos del día anterior.

La crudeza de la estación obligó a suspender las operaciones; los cristinos se replegaron a las grandes poblaciones y Zumalacárregui dividió también las suyas dirigiéndose a la Améscoa donde el pretendiente se proponía pasar la pascua de Navidad. La escasez de municiones y las pérdidas sufridas en las dos acciones del 12 y 15 de diciembre obligaron a Zumalacárregui a permanecer inactivo hasta fin de mes que viendo no podía atacar a ninguna de las fuerzas del ejército liberal de Navarra emprendió una diversión por Guipúzcoa apareciendo el último día del año en Villareal de Zumárraga, donde le dejaremos por ahora para terminar lo correspondiente a este año relatando el origen de la artillería carlista.

Ya estaba mediado el mes de noviembre cuando se presentó en el campo carlista el oficial de artillería D. Vicente Reina. La facción navarra no tenía más que tres piezas de montaña, dos cogidas al desgraciado O'Doyle en la acción de Alegría y la tercera en la fábrica de Orbayceta; además existían varios depósitos de proyectiles cogidos en la misma fábrica y que representaban un total de 315 bombas de a 14; 950 granadas de a 7; 124 balas de cañón de a 12 y 11.000 de a 8. En cuanto se presentó Reina y reconoció estos depósitos le ordenó Zumalacárregui que procediese a la fundición de dos obuses de a 7, para lo cual se hizo una requisita en todos los pueblos ocupados por la facción, apoderándose de cuantos objetos de cobre se podían encontrar como braseros, chocolateras, cazos, calderas, etc., etc., pero no siendo bastante la cantidad de

metal recogido se fundieron las tres piezas de montaña instalándose los talleres para ello en un caserío cerca del pueblo de Labayen. Mientras se fundían los obuses, se trajo de Vizcaya un cañón de hierro de a 12, que arrastrado por seis parejas de bueyes llegó a la sierra de Urbasa, donde por el momento se le ocultó; los voluntarios le bautizaron con el nombre del *Abuelo*, que conservó durante la guerra.

IV

Enero a Junio de 1835.

Por un correo que interceptó Zumalacárregui supo este que las columnas de Carratalá y Espartero, desde Vergara, y la de Jáuregui, desde Villafranca, se dirigían contra él, cuya posición en Villareal era insostenible, por lo que emprendió inmediatamente su retirada sobre Ormaiztegui con objeto de aproximarse a la Borunda de donde llamó a Iturralde para que se le incorporase con sus batallones. Desde Ormaiztegui se dirigió a Segura y en la altura de Calandietta, situó tres batallones con orden de hacer frente y resistir a la vanguardia liberal que de cerca les venía siguiendo. Escalonó el cuarto batallón de Guipúzcoa en la falda opuesta de la montaña y las fuerzas restantes pasaron el Orio y tomaron posición en las que presenta la villa de Segura. El ejército liberal atacó con ímpetu los primeros batallones trabando con ellos un combate de los más sangrientos y tenaces, pues tuvieron que irles desalojando de las cercas de los prados, hasta que les obligaron a retirarse sobre el 4.º de Guipúzcoa, a costa de grandes pérdidas. La proximidad de la noche hizo suspender el combate retirándose el ejército liberal a Ormaiztegui con más de trescientas bajas y los facciosos a Segura con no menores pérdidas, pues la *Punta del Español* y la *Chimenea* fueron copiosamente regadas con sangre carlista.

Al amanecer del siguiente día (7 de enero), Zumalacárregui situó sus fuerzas en las excelentes posiciones de Segura y aguardó el ataque del ejército liberal, a quien quería a toda costa atraer a su terreno, con objeto de facilitar a Iturralde su movimiento envolvente, pues desde la Borunda debía caer a retaguardia de las tropas cristinas. Estas, después de cambiar algunos tiros con las guerrillas carlistas, emprendieron su retirada por el mismo camino que habían traído el día anterior y cuando Zumalacárregui se convenció de que este movimiento retrógrado no era una estratagema sino una verdadera retirada, empezó a picarles la retaguardia, alcanzándola en Ormaiztegui y llevándolos hasta cerca de Villareal, donde el regimiento del Príncipe pudo contenerles y a su amparo se ordenaron los batallones cristinos que pernoctaron en Vergara, perseguidos muy de cerca por sus enemigos los cuales hicieron noche en Villareal.

El 5, los batallones carlistas volvieron a sus cantones en las Améscoas para recomponer su armamento y reponer sus municiones y una vez conseguido esto pasaron a la llanada de Alava donde supo Zumalacárregui que los generales Lorenzo y Oraá marchaban a reponer los almacenes de los puntos fortificados empezando por el de Mastu. Lorenzo se dirigió al puente de Arquijas y desalojando a unos cuantos tiradores carlistas que le defendían, después de un pequeño tiroteo que les obligó a replegarse a sus masas, pasó el puente y desde las alturas que por aquella parte dominan el Ega vió a los carlistas que apoyados sus flancos en dos grandes y quebrados barrancos de difícil acceso, estaban escalonados en las alturas que dominan el camino de San Vicente de Arana.

El general Lorenzo, dividió sus fuerzas en tres columnas y precedidas de sus guerrillas se adelantaron hasta el arroyo de Orbizo, donde tuvieron que defenderse del fuego certero y nutrido de las enemigas situadas a cubierto al otro lado del arroyo tras las cercas y tapias del sur del pueblo; pero flanqueadas por las de la segunda división se retiraron hacia sus casas sólidamente establecidas como dejamos referido y cuya posición casi imposible de envolver hizo preciso el ataque de frente. La Guardia Real Provincial atacó y llevó por delante al primer escalón carlista; prosiguiendo su marcha de frente hizo huir al segundo escalón, mientras que la brigada Rivero pone su planta victoriosa en lo más elevado de sus posiciones. Violento en extremo fué el choque; el enemigo no abandonaba una posición sino para tomar otra, defendiéndose en ella con tesón, pero después de tres horas de combate tuvo que emprender la fuga que apenas pudo contener Zumalacárregui el cual con el castigo y el ejemplo logró ordenar varias veces a los dispersos y pudo encaminarlos a Contrasta donde pernoctaron y descansaron de la jornada que les costó más de cuatrocientas bajas y que fué una de las más sangrientas de esta guerra pues sólo el batallón de Guías tuvo entre muertos y heridos 14 oficiales más la mitad de los que asistieron a la acción. Las tropas de la Reina sufrieron más de cien bajas y después de socorrer a Maestu y otras guarniciones se replegaron a las inmediaciones de Estella.

A principios de febrero tenía Zumalacárregui distribuidas sus fuerzas del modo siguiente: cinco batallones con Gómez, en Guipúzcoa; tres a las órdenes de Villareal, en las inmediaciones de Maestu, y él con otros tres en el valle de Berrueza. El día 5 Lorenzo al frente de 10.000 hombres de las divisiones primera y segunda, y de la Ribera sale de Los Arcos y se dirige hacia el valle de Berrueza. Zumalacárregui, que desde el día anterior había ordenado a Villareal y Gómez que se le reunieran, repasó el Ega y tomó posición en la orilla opuesta.

El general Lorenzo atacó de frente, y queriendo economizar la sangre de sus soldados, rompió el fuego de artillería para forzar el paso, pero viendo que ésta no producía el efecto deseado se puso a la cabeza de un batallón y precipitándose sobre el puente a la bayoneta logró arrollar a los carlistas. El triunfo parecía próximo, pero Zumalacárregui al frente del batallón de Guías marchó en socorro de los que huían: los dos batallones llegan a armar sus bayonetas, luchan con saña y tenacidad, y al fin los liberales tienen que retirarse rompiendo desde la orilla un fuego sostenido hasta que la noche impidió hacer puntería.

Encargado entretanto Oraá de envolver la derecha carlista, baja por el puerto de la Escalera a Santa Cruz de Campezo, pero como el río estaba invadeable y defendido además por batallones carlistas convenientemente situados no pudo pasar de Santa Cruz donde concentró todas sus fuerzas esperando órdenes del general Lorenzo y cuidando de sus heridos. En dicho punto se le incorporó este general al siguiente día marchando juntos por Los Arcos, Estella y Puente la Reina a pernotar el 11 en Orol y pueblos inmediatos.

El resultado de la segunda acción del puente de Arquijas, aumentó la confianza en Zumalacárregui y el prestigio de que gozaba, y tan bien escarmentadas creyeron a las fuerzas liberales, que en la seguridad de que no volverían a probar fortuna, el cuartel de D. Carlos que hasta entonces había estado en continuo movimiento, se estableció en Zúñiga donde permaneció más de dos meses sin ser molestado en lo más mínimo por las tropas de la Reina que andaban por entonces atareadas en socorrer las guarniciones de la alta montaña y valle del Baztán hostilizadas con bastante frecuencia por Sagastibelza y la facción guipuzcoana. En unos de estos encuentros la columna que mandaba el coronel Ocaña, perseguida vivamente, tuvo que encerrarse en el pueblo de Ciga cuyas casas aspillero como pudo defendiéndose desde ellas con tal tesón que a pesar de haber venido inmediatamente Zumalacárregui para reforzar las fuerzas que mandaba Sagastibelza y de haber empleado contra ellos los dos obuses recién fundidos, tuvo que retirarse dando así tiempo para que llegaran de Pamplona los socorros enviados por el general en jefe.

Visto por Zumalacárregui que la mayor parte del ejército cristino estaba en marcha hacia el Baztán, retrocedió rápidamente a la Berrueza llevando uno de los obuses y ordenando que el *Abuelo* se le incorporase en el camino dirigiéndose hacia Los Arcos. El 22 de febrero al medio día, Iturralde con el primer batallón navarro ocupaba la parte de la villa no fortificada y el 23 por la mañana empezó el ataque sin que en todo el día hubiesen logrado abrir brecha ni aun causar daño notable al edificio, no

quedando para el día siguiente otras municiones que doce balas. Impaciente Zumalacárregui, al ver que de no conseguir su objeto, se descubriría su impotencia y la moral de las demás guarniciones se levantaría a costa de la de sus voluntarios, mandó conducir a los fosos muchos haces de paja, mezclados con pimientos fuertes con ánimo de incendiarlos al amanecer si la guarnición no se rendía. La noche era oscurísima, un violento huracán y fuerte lluvia hacían muy difícil la vigilancia; la guarnición comprendiendo la suerte que al día siguiente le esperaba, evacuó el fuerte en silencio dirigiéndose a Lerín. Tres horas largas llevaban de marcha cuando supo Zumalacárregui su fuga y aunque mandó inmediatamente que la caballería les persiguiera, fué de todo punto infructuoso. Mientras, penetró en el fuerte por donde estaban los enfermos y se apoderó de unos cincuenta entre heridos y enfermos, muchos equipos, vestuario, municiones y víveres. Los efectos de vestuario y equipo los repartió por sí mismo entre sus voluntarios y estando en esta operación presentóse en Los Arcos D. Carlos, el cual ordenó que los enfermos y heridos fuesen tratados con esmero y perdonó además la vida a todos los prisioneros.

Entretanto el general en jefe del ejército liberal, justamente convencido de que para conseguir ventajas reales y positivas para su causa era preciso cerrar a los carlistas todas sus comunicaciones con Francia, concentraba cada día mayores fuerzas sobre el Baztán y la frontera francesa a donde quería trasladar en lo posible el teatro de la guerra.

Aprovechando Zumalacárregui estas disposiciones de su enemigo ordenó a Sagastizabal amagase a Elizondo, mientras él se dirigía a atacar a Maestu que, por su proximidad a las Améscoas, incomodaba bastante a los carlistas, pero antes de que éstos llevasen a cabo sus planes los cristinos abandonaron el fuerte levantando su guarnición. Los carlistas se retiraron hacia el valle de Ollo, pero al pasar por Cirauqui el 8 de marzo supo Zumalacárregui que una columna cristina salía de Puente la Reina dirigiéndose hacia Mendigorria. Zumalacárregui tenía allí disponibles ocho batallones y 500 caballos y quiso aprovecharse de su superioridad numérica saliendo al encuentro de su enemigo por el puente de Mendigorria pero el brigadier Carrera, jefe accidental de la división, que vió el despliegue de fuerzas de su adversario, aceleró su marcha, y cuando las balas carlistas empezaron a alcanzarles, ya había tomado posición la vanguardia en los olivares y cercas que están al lado del puente de Lañaga, pudiendo a su apoyo pasar el puente, sin pérdidas, el resto de la división. En vano trató Zumalacárregui, de forzar el paso del puente; por tres veces le atacó y otras tantas vió volver en desorden, a causa del fuego enemigo, a sus mejores batallones entre ellos al de Guías, dejando

tendidos en el campo algunos de los mejores oficiales de su cuartel general. Tres horas llevaba de duración el combate cuando se incorporó, procedente de Oteiza, la división de la Ribera que mandaba el brigadier López y a poco la columna del coronel Gurrea, con lo cual Zumalacárregui acabó de perder las esperanzas de vencer y se retiró a Cirauqui y Mañera con más de cuatrocientas bajas, mientras que las del ejército liberal no llegaron a cien.

Por orden de Zumalacárregui continuaba Sagastibelza el sitio de Elizondo y comprendiendo el general Mina la absoluta necesidad de hacer levantar a los carlistas el sitio de tan importante villa ordenó al brigadier Jáuregui se dirigiese hacia el Bidasoa, mientras el general Oraá debía amagar a Abarzuza o Salinas de Oro para que el enemigo despejara las posiciones que ocupaba, debiendo marchar seguidamente sobre Lizaso o Larraindar para auxiliar a Ocaña encargado de la defensa de Elizondo. Zumalacárregui cayó en el lazo y el tiempo que empleó en el combate del 8 de marzo le faltó después para adelantarse a Oraá como supo al llegar a Valdeollo; de aquí pasó al otro lado del camino de Irurzun a Pamplona y continuó su marcha atravesando los valles de Gulina y Atez, mientras que Oraá desde Lizaso mandó alojarse en Anza la brigada Barrera y él con la de Quiñones, se dirigió a Elzaburu. Todo el día habían marchado las dos columnas a la misma altura, pero sin verse: la vanguardia carlista fué la primera que descubrió a su enemigo al entrar en Elzaburu; no tardó aquél en verlos descender por el camino de Beunza hacia Iñarregui y envió dos compañías de cazadores y veinte caballos a reconocerlos; avisó Oraá a Mina de lo que sucedía, diciéndole que creía oportuno se le incorporase en Elzaburu aquella noche; mandó al brigadier Barrera que se le uniese, trabando acto seguido un combate en que las tropas de Oraá se prolongaron sobre su derecha con objeto de reconocer si los carlistas se habían apoderado de los pasos al Baztán, subiendo a las primeras alturas defendidas con tesón por el 6.º batallón navarro. La noche hizo cesar el combate, replegándose los cristinos sobre Elzaburu y los carlistas sobre Oroquieta e Iñarregui. Sabedor Zumalacárregui de que el general en jefe con dos divisiones iba al socorro de Elizondo, mandó a Sagastibelza que inmediatamente levantase el sitio y poniendo a seguro la artillería se dirigiera a combatir al enemigo, contra el cual venían ya los batallones de Gómez y Elío.

Amaneció el día siguiente (11 de marzo) y Mina, con sus dos divisiones, emprendió su marcha sobre Elizondo por el camino de Donamaria. Paralelamente a él marchaba Zumalacárregui deseando atacarle de flanco en el momento que el terreno se lo permitiese, lo que sucedió cerca de un punto denominado las *Siete fuentes*, cerca de la altura de Larra-

mear, viéndose el general Mina atacado de flanco y por retaguardia. Voló en su auxilio el general Oraá y por medio de una reacción ofensiva desalojó de su posición a los enemigos persiguiéndoles hasta la mitad de la falda opuesta, con lo cual las tropas cristinas pudieron continuar su marcha hacia Santesteban y Legaza, molestados siempre por la facción. La caballería cristina mereció elogios de sus enemigos y los soldados marcharon y combatieron sobre un terreno cubierto de más de dos pies de nieve que lo apacible del día derretía, formando un fango en el que se hundían hasta media pierna. Los carlistas se retiraron a Oroquieta y los cristinos a Santesteban y Legaza, apoderándose en este último punto de unas cuantas cargas de municiones que conducían unos aduaneros para los batallones de Zumalacárregui.

Este reunió el 14 sus batallones y viendo que el mayor número de sus enemigos seguía en el Baztán fortificando Santesteban y procurando levantar el espíritu de los liberales de aquel valle, marchó al de Araquil, destruyó los puentes de Izurdiaga, Irurzun y Erroz y el 15, con el *Abuelo* y un obús de a 7 de los recién construidos por Ribera, rompió el fuego de artillería sobre el fuerte de Echarri-Aranaz.

Contaba éste para su defensa con cuatro compañías del provincial de Valladolid y tres piezas de artillería hallándose bien provisto de municiones de boca y guerra, y su gobernador el comandante Mazquinez, decidido a defenderse hasta el último extremo. No es, pues, de extrañar que la resistencia hecha por la guarnición fuera de las más tenaces, durante los cuatro días que duró el asedio, y la fortuna hubiese coronado sus esfuerzos si el general en jefe hubiese estado más solícito en socorrerlos. Visto por Zumalacárregui que dicha resistencia se prolongaba más de lo que él creía, determinó minar el fuerte; los sitiados, por medio de granadas de mano, lograron retardar la construcción del hornillo, logrando incendiar las casas más próximas al fuerte, pero a pesar de sus esfuerzos el trabajo se terminó y al reventar la mina vino a tierra una considerable parte del recinto quedando sepultados entre sus escombros algunos de sus bizarros defensores continuando los demás la obstinada defensa hasta que el 19 se escaparon por las brechas varios soldados, entregándose a discreción. En vista de esta deserción y de las bajas que había experimentado la guarnición, el gobernador se encontró impotente para continuar la defensa rindiéndose, si bien con las más honrosas condiciones; los oficiales conservaron sus espadas, equipajes y la libertad para incorporarse al ejército cristino; al gobernador le dió Zumalacárregui una certificación honrosísima consignando que había cumplido fielmente con su deber y a los soldados la libertad de dirigirse a donde mejor les conviniese. Algunos de ellos, aunque en número escaso, se incor-

poraron a los batallones carlistas y los artilleros del fuerte de Echarri-Aranaz fueron los primeros soldados de esta arma que tuvo la causa carlista, que aumentó su artillería con un cañón de a 8 y dos de a 6.

Desde Echarri-Aranaz se dirigió Zumalacárregui a atacar el fuerte de Olazagoitia, a donde llegó la misma noche estableciendo en el Calvario una batería que rompió el fuego al día siguiente contestando los sitiados con el de fusilería y un obús de montaña situado en la torre; la noche hizo suspender las hostilidades que volvieron a romperse a la madrugada del siguiente día, sin que a pesar de haber adelantado los carlistas sus baterías y haber intentado emplear la mina pudieran apoderarse de él, pues Mina que había salido el 20 del Baztán, llegó a Pamplona y sabedor de lo de Echarri, acudió en socorro de los de Olazagoitia; al aproximarse los cristinos, Zumalacárregui se retiró con su artillería, y el general Mina después de reconocer el estado del fuerte, lo desmanteló retirando su guarnición, con lo cual y la pérdida del de Echarri-Aranaz se facilitó notablemente a los carlistas el paso de Navarra a Guipúzcoa y viceversa.

El general Mina, abrumado por sus achaques y enfermedades, no menos que por ver los pocos resultados favorables que alcanzaba sobre los carlistas se retiró a Pamplona, dejando a Oraá con su división la tarea de organizar la defensa del Baztán, terminando sus fortificaciones, levantando y armando la población liberal del valle y tomando todas aquellas disposiciones que su inteligencia y larga práctica le aconsejaban a fin de conservar aquel importante valle, fiel a la causa de la Reina.

Zumalacárregui desde las Améscoas bajó al valle del Ega con ocho batallones y toda su caballería que mandaba ya el coronel D. Carlos O'Donnell, ayudado por su hermano Juan y varios oficiales de la Guardia Real de Caballería de Guardias de Corps. Operaba en el mismo valle la división del general Aldama, jefe activo y deseoso de gloria, que a la sazón marchaba desde Sesma a Arroniz a cuyo punto se dirigía también Zumalacárregui desde Luquín; tan pronto como vió el caudillo carlista a la división cristina, mandó hacer alto y sentarse a sus tropas encargando guardasen el más profundo silencio.

Las fuerzas cristinas llegaron a las eras de Arroniz, hicieron alto y formaron en masa. Zumalacárregui sólo aguardaba a que hicieran pabellones y rompiesen filas para caer sobre ellos desde las alturas, pero el general cristino obrando con arreglo a buenos principios militares, envió a las alturas inmediatas destacamentos de cazadores con algunos caballos para que reconociesen el terreno, lo que obligó a los carlistas a descubrirse y romper el fuego.

A los primeros disparos, el general Aldama tomó sus disposiciones

para atacar al enemigo ocupando el pueblo y prolongándose por el flanco derecho, situando la brigada de Ocaña en la ermita de Nuestra Señora de Mendia de Arroniz, mientras que él con un batallón del Rey y otro de Soria atacó por la izquierda a los dos batallones navarros que venían en cabeza haciéndoles abandonar la altura que no tardaron en recobrar reforzados por el 6.º de Navarra que rechazó a los cristinos, los cuales se replegaron ordenadamente al apoyo de un batallón de la Guardia y otro del 6.º de ligeros sin que la caballería carlista que trataba de envolverles por la izquierda pudiese realizar sus proyectos. Por la derecha fueron aún menos felices los carlistas; el coronel Rivero atacó decididamente a los batallones carlistas que bajaban por la derecha de Montejerde, obligándoles a retirarse y no permitiéndoles rehacerse en una segunda altura a retaguardia de la línea, lo cual visto por Zumalacárregui se pronunció en retirada replegándose a Urbilla y Villamayor, quedando los cristinos aquella noche en Arroniz y Ollo marchando al siguiente día a Sesma avanzando los carlistas hasta Arroniz.

Este combate convenció a Zumalacárregui de que por entonces y dada la situación de las fuerzas liberales nada serio podía emprenderse en la merindad de Estella, por lo cual y deseando librarse de la incómoda vecindad de Maestu, cuya guarnición era una amenaza constante para los hospitales, almacenes y talleres carlistas situados en la Améscoa, decidióse a emprender el sitio empezando sus trabajos de ataque la noche del 1 al 2 de abril en que el ruido del viento apagaba todos los demás; el día 3 por la mañana ya tenían los carlistas plantada su artillería. Los del fuerte no se habían descuidado y observando que ni el fuego de fusil ni el de cañón lograban detener ni aun retardar notablemente la marcha de los trabajos de ataque de los sitiadores, se dedicaron a hacer un atrincheramiento interior en el sitio presumible de la brecha. El día 3 el fuego tanto de cañón como de fusil no cesó por ambas partes; los sitiados hicieron prodigios de valor y serenidad ante el tremendo ataque de los carlistas que constantes y tenaces lograron por fin abrir brecha en el recinto, pero en vista del atrincheramiento interior y del valor de la guarnición, aquella misma noche levantaron el sitio los carlistas, de modo que a las dos de la tarde del 5 cuando después de diecinueve horas de marcha llegó el general Córdoba a Maestu, no sin vencer serias dificultades, encontró a la guarnición ocupada en derribar las obras enemigas y reparar los destrozos que en los débiles muros del fuerte había causado la artillería carlista.

El general Córdoba, reforzadas sus tropas con los batallones de Aldama, subió a la sierra de Andia, penetró en las Améscoas inutilizando e incendiando cosechas, molinos, fábricas y almacenes y destruyendo el

campo atrincherado de Orbiso, sin que los carlistas se atreviesen a impedir esta atrevida e importante operación y una vez terminada pasó el Ebro por Logroño llegando el 12 a Miranda y poniendo en la noche del 13 a buen recaudo dentro de los muros de Vitoria, un importante convoy nutrido con la presa que había hecho a los carlistas, sin que pudiera impedírselo Zumalacárregui que con todas sus fuerzas esperaba en la llamada de Haro a su afortunado rival.

A pesar de estos triunfos el general Mina conoció que su crédito andaba por los suelos y presentó su dimisión que le fué admitida por el gobierno de Madrid con frases muy lisongeras. Inmediatamente volvió a presentarse la cuestión siempre del sucesor y no encontrando general alguno de quien echar mano, ni atreviéndose a dar el mando en jefe a alguno de los generales de división que más se distinguían por entonces, acordaron que volviera de general en jefe D. Jerónimo Valdés sin perder su carácter de Secretario del Despacho.

Salió en efecto para el Norte llegando a Miranda de Ebro donde se le reunieron algunos batallones con los cuales se dirigió a Logroño y por Peñacerrada se encaminó a Vitoria, en cuya ciudad dirigió varias proclamas al ejército y al pueblo y se preparó a realizar su plan de campaña.

Zumalacárregui que estaba en Mondragón con 14 batallones, así que supo la llegada a Vitoria de Valdés y la concentración en Alava del ejército liberal, diseminó sus fuerzas, hizo que el cuartel Real se retirase de Oñate a Segura y él con sus batallones se dirigió a las Améscoas a esperar los movimientos de Valdés para obrar en consecuencia.

De Vitoria salió el ejército liberal el 19 de abril y después de vivaquear en Contrasta el 20, siguió el 21 para las Améscoas, en cuyo día ya había logrado Zumalacárregui reunir en las cercanías de Eulate 12 batallones replegando los cantones de los valles de Ega y Berrueza. Las fuerzas que mandaba el general Valdés avanzaban sobre Eulate por dos caminos distintos. Zumalacárregui dió orden a su gente de evacuar a Eulate y emprender la marcha por el camino de San Martín de Améscoa, apostando en el bosque que hay a la mitad de distancia entre estos dos pueblos, dos batallones con objeto de retardar la marcha de las tropas liberales si avanzaban por el fondo del valle como pareció ocurriría en los primeros momentos de romperse el fuego; pero comprendiendo Valdés que en aquel sitio una derrota llevaría consigo la destrucción del ejército y que la misma victoria podía llegar a ser embarazosa, dócil a su razón, sacrificó su amor propio y renunciando a su primitivo plan ordenó a sus tropas que por los puertos de Aranaracha y Eulate subieran a la sierra de Urbasa, y en llegando a la venta o palacio de este nom-

bre tomaran sus disposiciones para vivaquear aquella noche, emprendiendo al día siguiente 22 su marcha hacia Estella atravesando los espesos bosques y estrechos desfiladeros de la sierra de Andía.

Zumalacárregui, después de haber establecido su servicio de seguridad y espionaje como acostumbraba y destinado dos compañías de tiradores para molestar durante la noche al enemigo con sus disparos, acantonó sus fuerzas en Zudaire, Gollano y aldeas inmediatas y al rayar el alba del 22, después de diana y de haber repartido a sus voluntarios la ración de aguardiente, escalonó 20 compañías en el puerto de Zudaire creyendo que por éste bajaría al valle el ejército liberal; cuando vió que el ejército cristino se dirigía a Estella, con cuatro batallones y un escuadrón subió al puerto de Artaza atacando de flanco al ejército liberal con tal impetuosidad que hubiera sido probablemente deshecho sin poder combatir, por lo abrupto del terreno, si el general Valdés que con las divisiones de Aldama y Seoane, marchaba en cabeza, no se hubiera apoderado de un elevadísimo peñasco que domina la salida del puerto, a cuya cima llegaban ya los carlistas. El combate que siguió fué de los más tenaces; varias veces bajaron los soldados liberales a combatir sobre la meseta del puerto, que los carlistas embistieron impetuosamente a la bayoneta. Por entonces había reforzado Zumalacárregui sus tropas con dos nuevos batallones y la dispersión del ejército liberal parecía inminente cuando la llegada al punto del combate de la división Córdoba restableció el orden apoderándose por medio de una brillante carga a la bayoneta, de una corraliza, en la que estaban abrigados los Guías de Navarra, a los cuales reemplazó el 4.º, que fué roto en seguida, sin que los Guías y el 6.º, que acudieron en su ayuda, pudieran desalojar a los cristinos de su posición desde la cual rompieron contra éstos un fuego mortífero que obligó a Zumalacárregui a retirarse con sus fuerzas por el puerto de Chavarri bajando al valle de Mellín. El general Valdés prosiguió su marcha hacia Estella, retardada por este combate, quedando la división Córdoba encargada de proteger su retirada, a la cual atacó el ayudante general D. J. A. Zaratiegui, mientras que Zumalacárregui amenazaba el flanco derecho del ejército cristino desde el puerto de Eraul a donde había vuelto a subir al saber el movimiento retrógado de su enemigo, atacado también por tres batallones navarros que al mando del comandante Sanz trataron en vano de impedir la marcha de la vanguardia liberal y cuatro piezas que no cesaron de arrojar granadas sobre los cristinos, que hizo retroceder hasta la caballería carlista. Funesta fué aquella noche para las armas de la Reina; el pánico había ganado la mayor parte de los espíritus, la marcha era penosa no sólo por lo accidentado del terreno y el fango sino porque los soldados des-

pués de dos días de vivac, mal alimentados y constantemente hostigados por los tiradores carlistas, se encontraban en un estado de desaliento tal que nadie sabía de su compañero y era casi imposible reunir una sola compañía; al amanecer, por fin, todos se encontraban en Estella menos 190 hombres y muchos heridos que con el brigadier Buren se refugiaron en Abarzuza proporcionando por este medio un punto de apoyo a los infinitos dispersos que andaban errantes por el monte y que al día siguiente, no sin trabajo, lograron reunirse en Estella con sus compañeros, desde donde el cuartel general de Valdés se trasladó a Logroño, acantonando sus fuerzas en las inmediaciones del Ebro mientras Zumalacárregui que cogió al enemigo 3.000 fusiles y más de 200 caballos y acémilas, seguía con sus fuerzas en la Améscoa baja, Mudaza y Asarta.

El 27 de abril en Logroño, el general Valdés, y el 28 en Eulate, Zumalacárregui, firmaron el convenio para el canje de prisioneros propuesto por Lord Elliot, lo cual vino a dulcificar algo los horrores de la guerra salvando de una muerte cierta a seis mil infelices que de una y otra parte había prisioneros.

La influencia de Zumalacárregui sobre los pueblos y soldados aumentaba de día en día y el aspecto que por esta época tomaban los negocios hizo que redoblase los esfuerzos la camarilla que deseaba que el Conde de Villemur tomase el mando en jefe, para lo cual no vacilaban en presentar a Zumalacárregui como hombre vicioso e inmoral y en tratos con el gobierno de la Reina. La desconfianza se extendía a todas las personas que rodeaban al caudillo navarro que en vano se quejaba de la conducta que con él observaba el gobierno.

Libre casi de enemigos en Navarra, fuera de las guarniciones de los puntos fuertes, determinó Zumalacárregui ir atacando sucesivamente a éstos, con ánimo de apoderarse de ellos o por lo menos de obligar a su enemigo a retirarlas, vista la gran dificultad de socorrerlas. Como el más fácil y uno de los que por su posición más le molestaban eligió a Irurzun situado en la confluencia de los caminos que de Vitoria y Tolosa se dirigen a Pamplona, y aunque durante tres días batió con el *Abuelo* sus defensas, no pudo apoderarse de él, viéndose obligado a levantar el sitio por el mal tiempo y el aviso que desde Pamplona venían fuerzas considerables en socorro de los sitiados. El fuerte había quedado tan mal parado, que los liberales retiraron la guarnición procurando destruir las obras de defensa.

Desde Irurzun bajó Zumalacárregui a la Borunda y a instancias de la junta de Alava se resolvió a embestir a Treviño, para lo cual reunió 13 batallones en las ventas de Armentia y pueblos inmediatos esperando la llegada del *Abuelo* y un obús de los recién construídos, que apenas in-

corporados fueron puestos en batería y rompieron el fuego contra el fuerte cuya guarnición capituló dos días después.

Los carlistas dismantelaron dicho fuerte llevándose los prisioneros y la artillería antes que llegara el general Valdés en su socorro. Temiendo éste por la suerte de las demás guarniciones mandó retirar la de Estella, en cuya ciudad entró Zumalacárregui de vuelta de Treviño; siguieron a ésta la evacuación de Salvatierra y Maestu y escusado es decir el placer con que veía Zumalacárregui los fáciles triunfos que le proporcionaba su nuevo plan de campaña. Su intención era sitiar a Vitoria ya que el enemigo coadyuvaba a ello de seguir evacuando Salvatierra, Estella y Maestu, y consecuente a él y viendo que ninguno de los puntos fuertes que conservaban los liberales en Navarra presentaba facilidades para expugnarlos con los escasos medios de ataque de que disponía, resolvió sitiar a Villafranca, pueblo importante de la provincia de Guipúzcoa, bien situado y protegido además por un fuerte que le defendía. Su guarnición, aunque no numerosa, era denodada y valiente y podía defenderse el tiempo más que suficiente para que llegaran en su socorro las columnas combinadas de Oraá y Jáuregui y las tropas del general en jefe. Zumalacárregui llegó ante ella el 27 de mayo con cinco batallones, avisando a Eraso se le incorporara con otros tres, mientras Sagastibelza observaba los movimientos del brigadier Oraá para impedir que acudiese en socorro de los sitiados (1). Cuatro días de ataque llevaba el ejército sitiador sin que hubiese podido obtener ventaja alguna.

La mina que había intentado abrir desde unas casas, cerca de la puerta del pueblo, no pudo continuarla porque los sitiados en una salida se apoderaron de las casas incendiándolas, la artillería hacía muy poco efecto en los muros, un temporal cruel y continuo interrumpía mucho los trabajos de sitio; en tal situación y después de un asalto infructuoso, Zumalacárregui mandó al Baztán a su capellán particular D. Miguel Antonio Legarra, para que condujese uno de los morteros, operación que se llevó a breve y feliz término. Apenas llegado éste y empezado sus disparos, supo Zumalacárregui que dos columnas cristinas se dirigían simultáneamente en socorro de los sitiados: una mandada por el general Jáuregui, desde San Sebastián se trasladó a Tolosa, de donde no creyó conveniente salir por estar observado por los batallones guipuzcoanos al mando de Gómez; la mandada por el general Espartero, desde Vergara, subió al alto de Descaya donde vivaqueó. Contra ésta mandó Zumalacárregui a Eraso que estaba acantonado en

(1) Nueve piezas, el *Abuelo*, un mortero de 13 pulgadas, un cañón de 8, dos de 6 y dos de 4

Villareal y Zumárraga, ordenándole dejase avanzar a Espartero en dirección a Villafranca y en cuanto su retaguardia rebasara Villareal la atacase con ímpetu. Por desgracia para las armas liberales, no hubo necesidad de ninguna maniobra hábil de los carlistas, bastando un pánico de esos que nunca tienen explicación satisfactoria, para que tan brillante división se desbandara en la noche del 2 al 3 de junio, dejando en poder del enemigo más de mil prisioneros, caballos, acémilas, armas y efectos de guerra. Pocos días antes, el 29 de mayo, sufría el brigadier Oraá un descalabro al replegarse a Pamplona después de levantar las guarniciones del Baztán, y Zumalacárregui al tener noticia de estas dos victorias suspendió el fuego contra Villafranca, enviando un parlamentario que les comunicase ambos sucesos; resistíanse los sitiados a dar crédito a la dispersión de las tropas de Espartero, más habiendo enviado a Zumárraga un comisionado para hablar con los cristinos, y convencidos de que no tenían esperanza alguna de ser socorridos, se entregaron mediante capitulación. No habíase firmado aún ésta cuando se supo que Jáuregui había evacuado a Tolosa retirándose con su guarnición a San Sebastián. Tras Villafranca y Tolosa se apoderó Zumalacárregui de Vergara, cuya guarnición capituló sin hacer resistencia alguna, quedando prisionera.

Al mismo tiempo entraba Eraso por capitulación en Eybar. A los pocos días llegó a Vergara el Pretendiente y después de conferenciar con él, salió Zumalacárregui hacia Durango, cuya guarnición se retiró a Bilbao tan pronto tuvo noticia del movimiento de los carlistas. Lo mismo quiso hacer la guarnición de Ochandiano, pero bloqueada por Villareal, a quien reforzó al siguiente día Zumalacárregui con su pequeño tren de batir fué obligada a replegarse a la iglesia donde capituló, saliendo en libertad, y ocupando Zumalacárregui a Ochandiano desde donde deseaba dirigirse sobre Vitoria, ciudad en la cual tenía bastantes adeptos y de la que esperaba apoderarse sin gran dificultad. En esta época fué cuando llegó a ser más extensa la dominación de las armas carlistas en el Norte de España, pero por desgracia para dicha causa, las cosas no continuaron así.

Durante la estancia en Vergara se resintió Zumalacárregui de una enfermedad, alterándose de tal modo su salud que le determinó a enviar al Rey la dimisión, fundamentándola en su delicado estado. No fué extraño a esta resolución el convencimiento que adquirió de que la envidia le había minado el terreno en la Corte y que a medida que crecían sus triunfos procuraban con mayor esfuerzo cercenarle los pocos recursos con que ya contaba y trabajaban por conseguir su caída. En Vergara conferenció con D. Carlos y al salir de palacio se pudo notar que algo grave había ocurrido a Zumalacárregui, pues volvió a su alojamiento

colérico y empeorado de su mal; sin embargo al día siguiente salió para Durango y como hemos visto, pasó a Ochandiano y se disponía a atacar a Vitoria cuando recibió la orden de sitiar a Bilbao. En vano una y otra vez trató Zumalacárregui de convencer a D. Carlos de la dificultad o casi imposibilidad de salir airoso de esta empresa; todos sus razonamientos se estrellaban ante el convencimiento que se había sabido inculcar en el ánimo del Pretendiente de que la conquista de Bilbao era una cosa fácil y de tan lisongeros resultados que una vez dueños de dicha villa los carlistas las naciones europeas se apresurarían a reconocer a D. Carlos como beligerante, cesaría la escasez y la causa carlista marcharía por el ancho y cómodo camino a cuyo término se encontraba el sólio real para aquél. Con opinión acertada y prudente quería Zumalacárregui pasar el Ebro y llevar la guerra a Castilla donde creía poder encontrar mayores recursos por la circunstancia de no hallarse esta región tan castigada por la guerra. Todo fué inútil, las voces de los cortesanos apagaron la del soldado y éste al fin cedió temiendo que pudiera dudarse de su fidelidad a D. Carlos, pero con el fatal presentimiento de que tan descabellado proyecto no podía originar más que alguna gran desgracia para la causa carlista. Varias veces durante la marcha habló con desconfianza de la operación emprendida y su único aliciente era que de no tomar a Bilbao tal vez podría presentársele ocasión de batir a Valdés al abrigo de las excelentes posiciones que iba atravesando.

Villareal con algunos batallones observaba los movimientos del general Valdés, mientras Zumalacárregui con otros catorce más y un tren de batir compuesto de dos cañones de a doce y uno de a seis de hierro y dos de a cuatro, dos obuses y un mortero de bronce, con escasa dotación de municiones, se presentó frente a Bilbao.

Componíase la guarnición de esta villa de dos batallones del 4.º de ligeros, uno del 3.º, el provincial de Ronda y cuatro compañías del de Compostela, dos compañías de artillería, a pie, una sección de ingenieros, una compañía de salvaguardias de Vizcaya, partidas sueltas del 3.º y 18 de líneas, provinciales de Alcázar de San Juan, Mondoñedo y otros cuerpos, un batallón de la milicia Urbana y compañía de artillería del mismo cuerpo, las dos de auxiliares, la compañía de Urbanos de Begoña, algunos emigrados de la de Durango y otros puntos de Vizcaya y unos pocos artilleros ingleses que con una pieza de 24 y dos de 18, desembarcaron el 9 procedentes de Portugalete.

Las obras de fortificación de la villa además de tener un perfil bastante débil, no estaban terminadas, y las piezas con que estaban artilladas eran tal vez suficientes por su número para luchar con el pequeño tren de batir carlista pero la escasez de municiones era tanta dentro

de la plaza que desde el segundo día de sitio hubo que pensar en establecer la fabricación de aquellas para poder sostener el fuego contra los enemigos. El entusiasmo de la población, milicianos y soldados era grande y todos estaban dispuestos a prolongar la defensa hasta el último momento.

El día 10 de junio empezó el bloqueo y el 13 se formalizó el sitio; los carlistas cortaron este día la conducción de aguas a la población y a las ocho de la mañana del 14 rompieron el fuego desde la batería que colocaron en Begoña, contigua a la casa llamada Landacoecha a menos de 300 metros del Circo, contra el que dirigieron el ataque, al mismo tiempo que desde otra batería algo más retirada arrojaban granadas de 7 pulgadas y bombas de a 14 desde la inmediación del palacio de Begoña. El fuego de fusilería carlista, desde la torre de Begoña y caseríos inmediatos al recinto, no dejaba punto de reposo a los defensores. Los sitiados contestaron al enemigo con un fuego activo y certero. Zumalacárregui corría de una a otra batería animando a los artilleros, rectificando las punterías y reparando los destrozos que en los parapetos causaba la artillería liberal; aún no se había puesto el Sol dicho día cuando el baluarte del fuerte del Circo se desplomó completamente dejando tres brechas practicables; fueron vanos los esfuerzos que hicieron los defensores para restablecer en aquella noche la batería del Circo, teniendo necesidad de construir un atrincheramiento interior para defensa de la guarnición en el caso de que los carlistas se decidiesen a dar el asalto como parecía probable.

La noche del 14 pasó sin novedad. En el campo carlista no faltó quien aconsejara a Zumalacárregui el bombardeo de la población en la creencia de que a los primeros disparos los vecinos se revelarían contra el gobernador obligándole a capitular. Oponíase a estos deseos Zumalacárregui, que entre otras cosas decía, según Zaratiegui: «Mientras el enemigo se sostenga en la línea de fortificaciones exteriores no mandaré disparar contra las casas; pero sí lo haré en el momento que arrojado de los fuertes trate de hacerse fuerte en aquéllas.» Aquella misma noche Zumalacárregui notificó a su gobierno que la empresa de tomar a Bilbao era más difícil de lo que éste creía y que probablemente se vería obligado a levantar el sitio, con lo cual recobrarían los liberales la fuerza moral que habían perdido por los sucesos del mes de mayo. A la mañana siguiente continuó el fuego de cañón con gran ventaja de los sitiados que lograron apagar los fuegos de la batería de Begoña y desmontar el mortero.

Zumalacárregui desde el Puente nuevo donde tenía su alojamiento subió a Begoña y desde la casa palacio, por un balcón abierto de par

en par pero sin salir al exterior, se disponía a reconocer la plaza cuando penetró una bala de fusil por el hueco de aquel, hiriéndole en la pierna derecha. Practicada la primera cura fué trasladado en una camilla a su alojamiento de Bolueta donde no quiso permanecer ordenando se le condujese a Cegama por el camino de Durango y que el pagador le entregase treinta onzas, pues hacía cuatro meses que ni él ni su cuartel general habían recibido el tercio de paga por falta de fondos. Del mando del ejército sitiador quedó encargado Eraso que el 1.º de julio se vió obligado a levantar el sitio sin haber causado a los defensores otras bajas que 31 muertos, 134 heridos, 27 contusos y 11 prisioneros; hecho que vino a confirmar lo acertado de los juicios que sobre la imposibilidad de tomar a Bilbao había emitido Zumalacárregui en Vergara.

En Durango fué reconocido por dos médicos y ambos pronosticaron que antes de quince días podría montar a caballo. El 17 por la mañana, después de visitarle D. Carlos, continuó su marcha y durante ella se incorporaron un famoso curandero llamado *Petriquillo* en cuya habilidad confiaba mucho el paciente, y el cirujano Bolaqui, este último al pasar por Segura. Llegados a Cegama aquella noche, procedieron los médicos a practicar un nuevo reconocimiento de la herida, y unánimes y conformes en apreciar que ésta era leve, no lo estuvieron, sin embargo, en el modo de curarla. Faltaba una voluntad fuerte que sujetara a ellas las demás y cada uno seguía su plan. Zumalacárregui, cuyo carácter firme no se desmintió en esta ocasión, ordenó que le extrajeran el proyectil, operación que efectuaron con mal resultado, porque a los pocos momentos sobrecogió al enfermo un gran temblor y conociendo su próximo fin, pidió los auxilios espirituales que le prestó el párroco de Cegama. Acto seguido habiéndole preguntado el escribano qué dejaba y cual era su última voluntad, le contestó: *Dejo mi mujer y tres hijas que es lo único que poseo, nada más tengo que poder dejar* (1).

El día 24 de junio, a las diez y media de la mañana, dejó de existir, diecinueve meses después de haber empezado sus campañas y a los cuarenta y seis años de edad. Su cadáver vestido de paisano, pues jamás tuvo uniforme de general, fué sepultado al siguiente día.

En el inventario de sus bienes sólo aparecen poco más de cuatro mil reales en metálico, tres caballos con sus monturas, una acémila, tres pares de pistolas, un sable, una espada, una escopeta y un anteojo de campaña. ¡¡Modesto equipaje el del general en jefe del ejército carlista!! ¡¡Testimonio elocuente del desinterés y generosidad con que puso su

(1) *Zaratiegui*, página 525.

espada al servicio de aquella causa!! No habían pasado quince días cuando se vendieron sus caballos a fin de proporcionar a la viuda recursos para poder volver de Bayona a Navarra, pues carecía de ellos en absoluto.

La noticia de la muerte de Zumalacárregui llegó muy pronto a Durango y el mismo día 24 dió D. Carlos una alocución haciendo saber que se encargaba del mando del ejército. Este sintió realmente la muerte de su caudillo, cayendo en una postración que presagiaba funestas consecuencias, pero en la corte del Pretendiente se despertó un celo y ambición de mando increíbles y casi se celebró la muerte de Zumalacárregui apreciándola como favor de la Providencia para libertar a D. Carlos de la esclavitud que le iba preparando. No es de extrañar por tanto que antes de terminar el mes de julio estuvieran separados del mando y perseguidos muchos de los que fueron sus fieles compañeros y que apenas quedase recuerdo de sus servicios sino entre ellos.

V

Las fuerzas del ejército carlista a la muerte de Zumalacárregui se componían de 29 batallones, 700 caballos y 15 piezas; diecinueve meses habían bastado al caudillo navarro para organizar tan respetable hueste

Mostró durante su mando gran actividad en sus operaciones y exquisito tacto para no olvidar el verdadero mérito ni confundir las clases, alejando todo pretexto que pudiera excitar celos o resentimientos entre sus subordinados, distribuyendo con sobriedad los altos empleos de la milicia, pensando con razón, que en una campaña que prometía ser larga no convenía satisfacer demasiado pronto la ambición, poderoso móvil de las virtudes militares, cuando es honrada. Procuró sobrecargar lo menos posible a los pueblos, con impuestos, a nadie persiguió, mostrando la mayor generosidad con los intrigantes que le eran contrarios, despreció sus calumnias, y veneró a D. Carlos cuyas órdenes jamás se atrevió a contrariar. No se dejó llevar de adulaciones ni de fingidos o supuestos servicios, limitándose exclusivamente a la parte militar y dejó obrar a las juntas y diputaciones con toda libertad.

La muerte de Zumalacárregui fué un golpe terrible para los carlistas, pues no era fácil encontrar un jefe en el que concurrieran las circunstancias que habían contribuido a hacer de aquél un hombre verdaderamente especial para el puesto que ocupó. Dotado de una voluntad de hierro, firme, imperiosa, inflexible, siempre fija la vista en el fin sin reparar nunca en los medios; hábil, activo e incansable en crear y organizar medios de acción; diestro en utilizar los intereses y hasta la vanidad y preocupaciones de sus paisanos; emprendedor, valiente y favorecido con el prestigio que le dieran sus primeros triunfos, manteniéndose por cima de todas las ambiciones, sin que rival alguno se atreviese a disputarle el mando, había logrado inspirar una confianza ciega a sus soldados. Sin embargo de estas cualidades, en él se ve más al guerrillero que al general y de sus hechos militares no resulta justificada la fama de gran capitán. De táctica sabía poco mas que el Reglamento, y sus triunfos los logró por las ventajosas condiciones de su situación, por la adhesión del país que todo se lo facilitaba mientras que lo estorbaba a los liberales, por los errores de éstos, etc. Si con las excelentes disposiciones de su enten-

dimiento y firmeza de carácter hubiese tenido mayor instrucción bien aprendida en los libros o adquirida en los campos de batalla, hubiera dejado más justificada su fama de caudillo que le conserva sin embargo la historia aunque manchada por las grandes y gratuitas crueldades que tan sin piedad ejercitaba contra los prisioneros o sus compatriotas y contra sus antiguos compañeros de armas, a los que no falta quien diga quitaba la vida por ahorrarse el trabajo de guardarlos según confesión propia. Buen táctico, excelente organizador e intrépido, soldado ninguno de los que le sucedieron pudo llegar a adquirir una autoridad igual a la suya; en su tiempo en el ejército carlista *nadie pedía cuenta de la vida de nadie y el sable de Zumalacárregui ha muerto y herido más carlistas que el de ninguno de nuestros soldados*: apelando a la astucia, prefería las sorpresas a los encuentros calculados: Su reducido cuartel general demuestra la concentración y actividad que le distinguían, pues nada indica tan claramente la división de responsabilidad y la indecisión y lentitud en las operaciones como un Estado Mayor numeroso y con gran material de oficinas. Apenas muerto Zumalacárregui se aumentó el cuartel general, que en su tiempo casi tenía una docena de ayudantes, cuyos grados eran desconocidos para el resto del ejército.

Hablaba poco y reía menos; era conciso en su conversación y brusco en sus modales; atendía a cuantos le dirigían la palabra y era tan enemigo cuando daba audiencia de dejar asuntos pendientes y de hacer esperar a las gentes, especialmente a los humildes, que jamás se sentó a la mesa hasta despachar al último pretendiente. Frecuentaba poco la sociedad y profesaba un odio implacable al juego y a la mentira. Gran aficionado a la caza, de cuyo ejercicio le provenía sin duda aquella soltura y agilidad que se le advertía haciendo a pie, especialmente en invierno, jornadas enteras, su carácter se resentía a cada momento de su temperamento bilioso y sufría mal el que se le contradijese, aunque como todos los genios vivos tan pronto como era en impacientarse y enojarse, era fácil en calmarse. Arrogante con los soberbios, accesible con los débiles, celoso y algo fanático trataba a todos según su conducta, apreciando los talentos y la calidad de las personas. Los más minuciosos detalles fijaban su atención y jamás expidió orden u oficio escrito sin entregarlo por su mano, examinando la capacidad del conductor a quien hacía repetir palabra por palabra cuanto le acababa de decir. Fué generoso y la energía era la cualidad más sublime de su carácter. Durante la guerra no tuvo más vestido que el puesto. Muy aficionado a perros, tenía el defecto de ser vivo y colérico y la avaricia no halló nunca cabida en su alma.

Don Tomás Zumalacárregui tenía cinco pies y dos pulgadas de estatura, aunque el ser muy ancho de hombros, y uno más alto que otro, le

hacía parecer más pequeño; cuando marchaba a pie llevaba la vista fija en el suelo. De aire triste, meditabundo y pensativo; ojos castaños claros de profunda y penetrante mirada; color moreno claro, algo pálido, nariz regular, cabello oscuro y espeso con algunas canas en sus últimos años y por lo común lo llevaba muy corto. La patilla unida al bigote, daba un aspecto particular a su fisonomía, notable por lo marcado de sus facciones, no viéndose nunca en sus ademanes cosa que desmintiese de aquel aire de imperio que poseía. Casi nunca se le veía alegre, no conoció el miedo y cuidaba de su persona menos de lo que debía.

Dicen que si no hubiera muerto, la causa carlista hubiera triunfado; en mi opinión hay en ello grave error manifiesto. La causa carlista no venció entonces ni ha vencido después porque lo que no puede suceder no sucede y ella lleva dentro de sí el germen poderoso de la destrucción. Si las balas liberales hubiesen perdonado a Zumalacárregui, su mismo amo y señor se hubiera encargado de inutilizarle, quitándole el mando, probablemente la víspera del día en que más necesario le fuese, y la salud quebrantada de Zumalacárregui hubiera hasta servido de pretexto a los consejeros aúlicos del Pretendiente que con tanto *tinio* dirigían sus asuntos para librarse de él. Su fisonomía varonil algo feroz tomaba algunas veces un aire de finura y candidez; para ocultar mejor sus movimientos, acostumbraba a correr con antelación voces y rumores falsos sobre la dirección de sus marchas. Su carácter había variado mucho en los dos últimos años de su vida; siempre había sido naturalmente sério, pero sin abandonarse a los arrebatos de cólera, a que tanto propendía.

Su sistema de hacer la guerra era hostilizar con continuas sorpresas y en debilitar a su enemigo mientras tuviese tropas menos aguerridas, acostumbrando a los suyos en encuentros frecuentes a operaciones de más monta, aprovechando cuantas probabilidades se le presentaran de combatir con ventaja, que no podían faltarle en país amigo y contra generales cuya propia ambición y estímulo se las había de presentar, logrando sólo adquirir, si triunfaban, y a costa de mucha sangre, la estéril honra de haber quedado dueños de una posición que tenían inmediatamente que abandonar.

Adquirió más a fuerzas de desgracias nuestras e incapacidad de sus competidores que por propia virtud y pericia tal nombradía, que en los fastos de la guerra de los siete años es reconocido por la primera notabilidad.



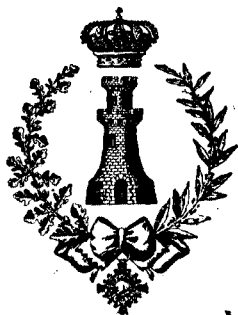
PARQUES DE INGENIEROS

PARQUE DE COMPAÑIA

DE LAS

TROPAS DE ZAPADORES MINADORES

(Aprobado por R. O. C. de 18 de Junio de 1898, C. L. núm. 198).



MADRID

IMPRESA DEL «MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO»

—
1917



EL parque de Compañía de las tropas de Zapadores Mina-
dores consta de:

Una sección a lomo.

Dos secciones rodadas.

Un carro de Plana Mayor.

Los elementos transportados por cada una de las seccio-
nes son:

- A. Herramientas de explanación y destrucción.
- B. Herramientas y efectos de minador.
- C. Herramientas y útiles de carpintero.
- D. Herramientas y útiles de albañil.
- E. Herramientas y útiles de cantero.
- F. Herrajes y clavazón.
- G. Jarcia de cáñamo y alambre.
- H. Alumbrado.
- I. Herramientas y efectos de Telegrafía.
- J. Instrumentos de Topografía.
- K. Instrumentos y efectos de Dibujo.
- L. Efectos de veterinario, herrador y guarnicionero.

El carro de Plana Mayor, hoy en organización, trans-
portará:

- (a) Una fragua y herramienta de herrero.
- (b) Repuesto de la herramienta conducida por las Sec-
ciones.
- (c) Biblioteca y documentación de la Compañía.

La sección a lomo está constituida por 10 cargas y un
mulo de respeto.

Cada sección rodada consta de un carro formado de avan-
trén y retrotrén arrastrado por dos parejas. El avantrén y el
retrotrén pueden ser enganchados independientemente. El
carro de Plana Mayor será análogo en su exterior a los de
las secciones rodadas.



SECCION A LOMO

A

Herramientas de explanación y destrucción.	1. ^a CARGA			2. ^a CARGA			3. ^a CARGA		4. ^a CARGA			5. ^a carga.	Total en la Sección	3. ^a carga.
	1. ^{er} Tercio	2. ^o Tercio.	Sobrecarga	1. ^{er} Tercio	2. ^o Tercio.	Sobrecarga	1. ^{er} Tercio	2. ^o Tercio.	1. ^{er} Tercio	2. ^o Tercio.	Sobrecarga	Sobrecarga		Caja n.º 2
Zapapicos.....	6	6	.....	5	5	.....	6	6	.....	.....	.....	.....	34	.....
Palas redondas.....	5	5	.....	5	5	.....	3	3	.....	.....	.....	.....	20	.....
Idem cuadradas.....	3	3	.....	.....	.....	.....	6	.....
Azadas.....	2	2	.....	.....	.....	.....	4	.....
Picos de roca.....	2	.....	.....	2	.....
Palanquetas.....	2	2	.....	.....	4	.....
Barras de pie de cabra.....	1	.....	.....	.....	1	.....
Hachas de leñador.....	6	4	.....	.....	10	.....
Marrazos.....	6	.....	.....	6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	12	.....
Sierras articuladas.....	2	.....	.....	2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	4	.....
Idem tronzaderas.....	2	.....	2	.....
Serrucho de faginas.....	1	1	.....
Sacos terreros.....	15	15
Tijeras para cortar alambradas.....	1	.....	.....	1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2	.....
Mangos para zapapicos. picos de roca y ha- chas.....	10	.....	.....	.....	.....	.....	.....	10	.....
Idem id. palas y azadas.....	8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	8	.....

SECCION A LOMO

B

Herramienta y efectos de minador.	4.ª carga.		8.ª carga.		9.ª carga.		Total en la Sección.
	1.º Tercio.	2.º Tercio.	Caja núm. 1.	Caja núm. 2.	Sobrecarga.	Sobrecarga.	
Barras de mina de 1,35 metros.....	1	1					2
Pistoletes de 0,90 metros.....		2					2
Cucharas de mina.....						3	3
Explosor Siemens-Halske.....						1	1
Galvanómetro de reconocimiento.....						1	1
Cable eléctrico (Rollo de 500 metros).....				1			1
Mechas (Caja de cuero para su transporte).....			1				1
Cápsulas... } (Caja de cuero para su trans- Cebos..... } porte).....			1				1
Bolsa de artificiero con.....			1	1			1
Alicates de corte.....			1				1
Idem redondos.....			1				1
Tenacillas de Vian.....			1				1
Tijeras.....			1				1
Cortaplumas.....			1				1
Barrena.....			1				1
Destornillador.....			1				1
Triángulo.....			1				1
Clavos y tornillos de latón.....							
Caucho en hojas.....							
Alambre de cobre (desnudo y recubierto)...							
Cinta embreada.....							
Goma laca.....							
Estuche para cápsulas.....			1				1
Idem para cebos.....			1				1
Explosivo (Cajas de cuero para su trans- porte).....					3	3	6

Herramienta y útiles de carpintero.	5.ª CARGA			6.ª CARGA			Total en la Sección.
	Caja n.º 1	Caja n.º 2	Sobrecarga.	Caja n.º 1	Caja n.º 2	Sobrecarga.	
Azuclas de una mano.....	3			3			6
Hachas de carpintero (sin emangar).....		2			2		4
Idem de id. (Mangos para).....							4
Sierras de mano.....			6				6
Serruchos ordinarios.....		1			1		2
Idem de punta.....		1			1		2
Triscadores.....		1			1		2
Afiladores de sierra.....	2			2			2
Escoplos.....		2			2		4
Formones.....		6			6		12
Cepillos con dos hierros.....	2			2			4
Guillámenes.....	1			1			2
Barrenas de dos manos (sin emangar).....	6			6			12
Idem de dos id. (Mangos para).....	6			6			12
Idem de mano.....	8			8			16
Idem universales (con doble juego de cuchillas).....	1			1			2
Berbiquí con juego de 20 brazas.....		1			1		2
Limas planas.....		4			4		8
Limatones escofinas.....		1			1		2
Triángulos.....		1			1		2
Limas y limatones (Mangos para).....		10			10		20
Mazos de madera.....		1			1		2
Martillos.....	3			3			6
Idem (Mangos para).....	2			2			4
Desclavadores.....		1			1		2
Dogos (pequeños).....	1			1			2
Tenazas.....	1			1			2
Llaves inglesas.....	1			1			2
Destornilladores.....		2			2		4
Alicates planos.....		1			1		2
Idem de cortar.....		2			2		4
Cortafíos.....		1			1		2
Piedras de afilar.....						1	1
Idem de sentar filos.....	1			1			2
Metros plegables.....	1			1			2
Cartabones.....	1			1			2
Falsas escuadras.....	1			1			2
Compases.....	1			1			2
Niveles de aire.....	1			1			2
Plomadas.....		1			1		2
Lápices de carpintero.....	12	12		12	12		48

D

Herramientas y útiles de albañil.	7. ^a CARGA		Total en la Sección.
	Caja núm. 2	Sobrecarga	
Alcotanas de una mano (desenmangadas).....	4	.....	4
Paletas.....	5	.....	5
Martillo de albañil.....	1	.....	1
Tenazas.....	1	.....	1
Nivel de albañil.....	1	.....	1
Plomada.....	1	.....	1
Falsarregla de hierro.....	1	.....	1
Bramante (Ovillos de).....	1	.....	1
Mangos para alcotanas.....	.....	4	4
Cubos de cinc.....	.....	2	2

E

Herramientas y útiles de cantero.	7. ^a CARGA			Total en la Sección.
	Caja núm. 1	Caja núm. 2	Sobrecarga	
Macetas de corte (desenmangadas)....	1	.....	.....	1
Idem de mano.....	2	.....	.....	2
Punteros de boca de escoplo.....	8	.....	.....	8
Idem de pico de gorrión.....	12	.....	.....	12
Martillos de cantero (desenman- gados).....	1	.....	.....	1
Cuñas de acero.....	.....	2	.....	2
Escuadra de hierro.....	1	.....	.....	1
Mangos de macetas de corte y marti- llos cantero.....	.....	.....	2	2

F

Herrajes y clavazón.	5.ª carga.		6.ª carga.		7.ª carga.		8.ª carga.	10.ª carga.	Total en la Sección.
	Caja n.º 1.	Caja n.º 2.	Caja n.º 1.	Caja n.º 2.	Caja n.º 1.	Caja n.º 2.	Caja n.º 1.	Sobrecarga.	
Pernos de 300 mm. \times 25 mm.
Idem de 300 mm. \times 20 mm.
Idem de 200 mm. \times 14 mm.
Idem de 130 mm. \times 10 mm.
Grapas.....	8	8
Clavos bellotes (kilog.).....	5,50	.....	.....	.....	5,50
Idem bellotillos (id. de).....	2,00	.....	2,00	.....	.....	.....	.....	4,00
Puntas de París de 0,06 (kilogramos de).....	2,25	.....	2,25	.....	.....	.....	.....	4,50
Idem de id. de 0,08 (id. de).....	2,25	.....	2,25	.....	.....	.....	4,00	.....	8,50

G

Jarcia de cáñamo y alambres.	1.ª carga.	2.ª carga.	3.ª carga.	4.ª carga.	8.ª carga.	10.ª carga.	Total en la Sección.
	Sobrecarga	Sobrecarga	Sobrecarga	Sobrecarga	Caja n.º 2.	Sobrecarga	
Alambre de 2 mm. (Rollos de 150 m.).....	1	.....	.....	.....	1
Idem de 4 mm. (id. de 100 m.).....	1	.....	.....	.....	1
Beta de 6 mm. (Rollos de 17 m.).....	24	.....	24
Idem de 10 mm. (id. de 100 m.).....	2	.....	.....	.....	.....	2	4
Amarras de 16 mm. (id. de 27 m.).....	2	.....	.....	.....	1	3
Cabos de onda de 30 mm. (id. de 16 m.).....	1	.....	.....	.....	1
Cuerda de trazar (id. de 100 m.).....	2	.....	.....	2

H

Alumbrado.	7.ª carga.	10.ª carga.	Total en la Sección.
	Sobrecarga.	Caja n.º 1.	
Hachas de viento.....	10	.....	10
Bujías.....	.....	6	6

I

Herramientas y efectos de Telegrafía.	8.ª CARGA	Total en la Sección.
	Caja n.º 1.	
Trepadores (Pares de)	2	2
Cartera de telegrafía con.....	1	1
Llave inglesa.....	1	1
Barrenas.....	2	2
Triángulos.....	1	1
Hileras.....	1	1
Perrillos.....	2	2
Trócolas (Juegos de).....	1	1
Aisladores.....	2	2

J

Instrumentos de Topografía.	10.ª CARGA	Total en la Sección.
	Caja n.º 1.	
Agujas de trazar	10	10
Barómetro Goldschmidt.....	1	1
Brújula inglesa.....	1	1
Eclímetro Abney.....	1	1
Gemelos Goertz.....	1	1
Cinta de medir.....	1	1

K

Instrumentos y efectos de Dibujo.	10.ª CARGA	Total en la Sección.
	Caja n.º 1.	
Estuche de matemáticas.....	1	1
Reglas de caucho.....	2	2
Escuadras.....	2	2
Plantillas de curvas.....	3	3
Transportador.....	1	1
Doble decímetro.....	1	1
Tacillas.....	2	2
Tinta china (Barras de).....	1	1
Plumas (Cajas de).....	1	1
Lapiceros.....	6	6
Gomas.....	4	1
Cortaplumas.....	4	1
Papel cuadriculado (Rollos de).....	4	1
Idem tela (id. de).....	4	1

L

Veterinario, Herrador, Guarnicionero.	10.ª CARGA			Total en la Sección.
	Caja núm. 1	Caja núm. 2	Sobrecarga	
Botiquín para ganado con.....		1		1
Jeringas.....		1		1
Jeringuillas.....		1		1
Tijeras curvas.....		1		1
Juego de infiernillo y accesorios..		1		1
Frascos de cristal.....		9		9
Cajas de hoja de lata.....		6		6
Depósitos de id.....		2		2
Linterna sorda.....		1		1
Estopa (Paquete de).....		1		1
Bolsa de veterinario con.....	1			1
Pinzas.....	1			1
Lancetas.....	2			2
Tijeras curvas.....	1			1
Cucharilla.....	1			1
Bolsa de herrador con.....			1	1
Cuchilla.....			1	1
Escofina.....			1	1
Pujabante.....			1	1
Tenazas.....			1	1
Porrilla.....			1	1
Herraduras.....			16	16
Clavos.....			126	126
Estuche de guarnicionero con.....	1			1
Sacabocados.....	1			1
Uñetas.....	1			1
Leznas.....	2			2
Agujas de coser (Paquete de).....	1			1

SECCION RODADA

Journal of Management Inquiry 16(4) 409–427

A

Herramientas de Exploración y Destrucción.	AVANTRÉN			RETROTRÉN										Total en la Sección
	A. s. 3	E. 1	E. 2	R. s. 1	R. s. 4	R. s. 5	R. p. 1	R. p. 2	R. p. 3	R. p. 4	R. p. 5	R. p. 6		
Zapapicos.....				8 (a)		28							36	
Palas redondas.....							10	4 (a)	10				24	
Idem cuadradas.....								6 (a)					6	
Azadas.....							2 (a)		2 (a)				4	
Picos de roca.....				6 (a)									6	
Palanquetas.....											4		4	
Barras de pie de cabra.....											1		1	
Hachas de leñador.....	10												10	
Marrazos.....	12												12	
Sierras articuladas.....		2	2										4	
Idem tronzaderas.....												2	2	
Serrucho de faginas.....		1											1	
Sacos terreros.....					15								15	
Tijeras para cortar alambradas.....					2								2	
Mangos para zapapicos, picos de roca y hachas.....												24	24	
Idem íd. palas y azadas.....										22			22	

(^a) Sin enmangar.

B

Herramienta y efectos de Minador.	RETROTRÉN							Total en la Sección.
	R. s. 2	R. s. 3	R. s. 4	R. s. 6	R. s. 7	R. p. 5	R. p. 6	
Barras de mina de 1,35 metros.....						2		2
Pistoletes de 0,90 metros.....						2		2
Cucharas de mina.....							3	3
Explosor Siemens-Halske.....		1						1
Galvanómetro de reconocimiento.....		1						1
Cable eléctrico (Rollo de 500 metros).....	1							1
Mechas (Caja de cuero para su transporte).....			1					1
Cápsulas... { Caja de cuero Cebos..... } para su trans- porte.....			1					1
Bolsa de artificiero con.....		1						1
Alicates de corte.....		1						1
Idem redondos.....		1						1
Tenacillas de Vian.....		1						1
Tijeras.....		1						1
Cortaplumas.....		1						1
Barrena.....		1						1
Destornillador.....		1						1
Triángulo.....		1						1
Clavos y tornillos de latón.....								
Caucho en hojas.....								
Alambre de cobre (desnudo y recubierto).....								
Cinta embreada.....								
Goma laca.....								
Estuche para cápsulas.....		1						1
Idem id. cebos.....		1						1
Explosivo (Cajas de cuero para transporte de).....				4	4			8

C

Herramientas y útiles de carpintero.	AVANTRÉN								Retrotrén.	Total en la Sección
	A.s.1	A.p.1	A.p.2	E.1	E.2	A.p.3	A.p.4	R.p.4		
Azuclas de una mano.....		3	3							6
Hachas de carpintero (sin enmangar)....		2	2							4
Idem de id. (Mangos para).....								4		4
Sierras de mano.....				3	3					6
Idem de id. (Hojas de repuesto para)....					6					6
Serruchos ordinarios.....				1	1					2
Idem de punta.....						1	1			2
Triscadores.....						1	1			2
Afiladores de sierra.....						2	2			4
Escoplos.....						2	2			4
Formones.....						6	6			12
Cepillos con dos hierros.....						2	2			4
Guillámenes.....						1	1			2
Barrenas de dos manos (sin enmangar)....						6	6			12
Idem de dos id. (Mangos para).....						6	6			12
Idem de mano.....						8	8			16
Idem universales (con doble juego de cu- chillas).....						1	1			2
Berbiquis con juego de 20 brocas.....						1	1			2
Limas planas.....						4	4			8
Limatones escofinas.....						1	1			2
Triángulos.....						1	1			2
Limas y limatones (Mangos para).....				10	10					20
Mazos de madera.....						1	1			2
Martillos.....						3	3			6
Idem (Mangos para).....						3	3			6
Desclavadores.....						1	1			2
Dogos (pequeños).....						1	1			2
Tenazas.....						1	1			2
Llaves inglesas.....						1	1			2
Destornilladores.....						2	2			4
Alicates planos.....						1	1			2
Idem de cortar.....						2	2			4
Cortafrios.....						1	1			2
Piedras de afilar.....	1									1
Idem de sentar filos.....						1	1			2
Metros plegables.....						1	1			2
Cartabones.....						1	1			2
Falsas escuadras.....						1	1			2
Compases.....						1	1			2
Niveles de aire.....						1	1			2
Plomadas.....						1	1			2
Lápices de carpintero.....				24	24					48

D

Herramientas y útiles de albañil.	AVANTRÉN			Total en la Sección.
	A. s. 1	A. s. 2	A. R. 1	
Alcotanas de una mano (desenmangadas).....			4	4
Paletas.....		5		5
Martillo de albañil.....			1	1
Tenazas.....			1	1
Nivel de albañil.....			1	1
Plomada.....		1		1
Falsarregla de hierro.....	1			1
Bramante (Ovillo de).....		1		1
Mangos para las alcotanas.....	4			4
Cubos de cinc.....				2 ^(a)

E

Herramientas y útiles de cantero.	AVANTRÉN		Total en la Sección.
	A. s. 2	A. R. 1	
Macetas de corte.....		1	1
Idem de mano.....		2	2
Punteros de boca de escoplo.....	8		8
Idem de pico de gorrión.....	12		12
Martillos de cantero.....		1	1
Escuadra de hierro.....		1	1
Cuñas de acero.....		2	2

(^a) Suspendidos del eje del avantrén.

F

Herrajes y clavazón.	AVANTRÉN					Total en la Sección.
	A. a. 1	A. a. 2	A. s. 2	A. p. 5	A. p. 6	
Pernos de 300 mm. \times 25 mm.....	4	.....	.....	.....	.....	4
Idem de 300 mm. \times 20 mm.....	4	.....	.....	.....	.....	4
Idem de 200 mm. \times 14 mm.....	8	.....	.....	.....	.....	8
Idem de 130 mm. \times 10 mm.....	8	.....	.....	.....	.....	8
Grapas.....	8	.....	.....	.....	.....	8
Clavos bellotes (kilogramos de).....	.....	.....	5,50	.....	.....	5,50
Idem bellotillos (idem de).....	.....	.....	.....	2	2	4
Puntas de París de 0,06 (kilogramos de).....	.....	.....	.....	2,25	2,25	4,50
Idem de id. de 0,08 (idem de).....	.....	4,00	.....	2,25	2,25	8,50

G

Jarcia de cáñamo y alambres.	Avantrén.	RETROTRÉN			Total en la Sección.
	A. a. 2	R. s. 1	R. s. 2	R. s. 3	
Alambre de 2 mm. (Rollo de 150 m.).....	1	.....	.....	1
Idem de 4 mm. (idem de 100 m.).....	1	.....	.....	1
Beta de 6 mm. (Rollo de 17 m.).....	12	12	24
Idem de 10 mm. (idem de 100 m.).....	4	.....	.....	4
Amarras de 16 mm. (Rollo de 27 m.).....	3	.....	.....	3
Cabos de onda de 30 mm. (Rollo de 16 m.).....	1	.....	.....	1
Cuerda de trazar (Rollo de 100 m.).....	2	.....	.....	.....	2

H

ALUMBRADO	Avantrén.		Total en la Sección.
	A. s. 3	A. s. 2	
Hachas de viento.....	10	.....	10
Bujías.....	.....	6	6

I

Herramienta y efectos de Topografía.	RETROTREN		Total en la Sección.
	R. s. 1.	R. s. 3.	
Trepadores (Pares de).....	2	.....	2
Cartera de telegrafía con.....	1	1
Llave inglesa.....	1	1
Barrenas.....	2	2
Triángulos.....	1	1
Hileras.....	1	1
Perrillos.....	2	2
Trócolas (Juegos de).....	1	1
Aisladores.....	2	2

J

Instrumentos de Topografía.	Avantrén.	Total en la Sección.
	A. a. 2.	
Agujas de trazar.....	10	10
Barómetro Goldschmidt.....	1	1
Brújula inglesa.....	1	1
Eclímetro Abney.....	1	1
Gemelos Goerte.....	1	1
Cinta de medir.....	1	1

K

Instrumentos y efectos de Dibujo.	Avantrén.	Total en la Sección.
	A. a. 2.	
Estuche de matemáticas.....	1	1
Reglas de caucho.....	2	2
Escuadras.....	2	2
Plantillas de curvas.....	3	3
Transportador.....	1	1
Doble decímetro.....	1	1
Tacillas.....	2	2
Tinta china (Barras de).....	1	1
Plumas (Cajas de).....	1	1
Lapiceros.....	6	6
Gomas.....	1	1
Cortaplumas.....	1	1
Papel cuadriculado (Rollos de).....	1	1
Idem tela (idem de).....	1	1

L

Veterinario, Herrador, Guarnicionero.	RETROTRÉN		Total en la Sección.
	R. s. l.	R. s. 4.	
Botiquín para ganado con.....		1	1
Jeringas.....		1	1
Jeringuillas.....		1	1
Tijeras curvas.....		1	1
Juego de infiernillo y accesorios.....		1	1
Frascos de cristal.....		9	9
Cajas de hoja de lata.....		6	6
Depósitos de idem.....		2	2
Linterna sorda.....		1	1
Estopa (Paquete de).....		1	1
Bolsa de veterinario con.....		1	1
Pinzas.....		1	1
Lancetas.....		2	2
Tijeras curvas.....		1	1
Cucharilla.....		1	1
Bolsa de herrador con.....	1		1
Cuchilla.....	1		1
Escofina.....	1		1
Pujabante.....	1		1
Tenazas.....	1		1
Porrilla.....	1		1
Herraduras.....	16		16
Clavos.....	126		126
Estuche de guarnicionero con.....		1	1
Sacabocados.....		1	1
Uñetas.....		1	1
Leznas.....		2	2
Agujas de coser (Paquetes).....		1	1

ESQUEMA DEL CARRO.

AVANTRÉN.

PARTE SUPERIOR.

A. S. 3.	
A. S. 1.	A. S. 2.

PARTE ANTERIOR.

E. 1.	E. 2.
A. a. 1.	A. a. 2.

PARTE POSTERIOR.

A. p. 1.	A. p. 2.
E. 1.	E. 2.
A. p. 3.	A. p. 4.

RETROTRÉN.

PARTE SUPERIOR.

R. S. 4.	
R. S. 5.	
R. S. 6.	R. S. 1.
R. S. 2.	R. S. 3.
R. S. 7.	

PARTE POSTERIOR.

R. p. 1.	R. p. 2.	R. p. 3.
R. p. 4.	R. p. 5.	R. p. 6.

FLOTADORES MACIZOS CON CONTRAPESO

ENRIQUE ROLANDI
CAPITAN DE INGENIEROS

FLOTADORES MACIZOS

CON CONTRAPESO



IMPRESA DEL «MEMORIAL DE
INGENIEROS». - MADRID. 1917.



os flotadores macizos con contrapeso, de que nos vamos a ocupar en este trabajo no los hemos visto explicados ni aplicados en ninguna parte, razón por la que creemos útil darlos a conocer, pues aunque sólo por el cálculo los hemos ideado y estudiado, nos parece han de resultar en la práctica más duraderos que los flotadores huecos corrientes cuya destrucción siempre es ocasionada porque oxidándose la plancha de que están formados y penetrando alguna cantidad de líquido en su interior, ya no flotan en él como es debido.

I

Vamos a ver primeramente que es siempre posible hacer flotar en un líquido cualquiera un cuerpo macizo de densidad mayor que la de él.

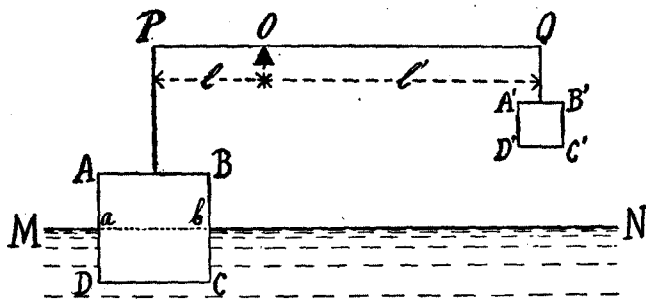


Fig. 1.

Para esto siendo el cuerpo $A B C D$ (fig. 1) y queriendo que sólo quede sumergida la parte $a b C D$, lo colgaremos del extremo P de la palanca $P Q$ que gira alrededor del punto O y de cuyo otro extremo Q se suspende el contrapeso $A' B' C' D'$, que producirá el efecto de disminuir la densidad del citado cuerpo $A B C D$.

Llamemos V , v y V' a los volúmenes, respectivamente, del flotador $A B C D$, de la parte sumergida del mismo $a b C D$ y del contrapeso $A' B' C' D'$; δ , δ_1 y δ' a las densidades del líquido y de los materiales de que estén contruidos el flotador $A B C D$ y el contrapeso $A' B' C' D'$ y por último l y l' a los brazos $O P$ y $O Q$ de la palanca $P Q$ y como la disposición que estamos considerando tiene que estar en equilibrio, se verificará la igualdad siguiente:

$$(V \delta_1 - v \delta) l = V' \delta' l'$$

de donde dividiendo por l nos quedará

$$V \delta_1 - v \delta = V' \delta' \frac{l'}{l} \quad [1]$$

ecuación con la que se resolverá el problema, dando valores a todas las letras menos una, que será la incógnita que deseemos, pero teniendo siempre en cuenta que como es evidente $V > v$.

Si queremos quitar el contrapeso haremos $V' = 0$ en la fórmula [1] con lo que se transformará en

$$V \delta_1 - v \delta = 0$$

que nos dice:

1.º Que la densidad δ_1 del flotador será menor que la δ del líquido, puesto que V es mayor que v , y

2.º Que $V \delta_1$ peso del flotador es igual a $v \delta$ peso del líquido que desaloja.

Como vemos este caso, suprimiendo el contrapeso, queda transformado en el ordinario de los flotadores actuales, como no podía menos de suceder.

Ejemplo.—Para fijar las ideas vamos a poner un ejemplo. Sea A (fig. 2) el flotador, que construiremos de aluminio, macizo y en forma de cubo de 10 centímetros de lado, el cual queremos quede la mitad sumergido en el líquido que supondremos sea el agua. En el borde del depósito que la contiene colocaremos el soporte, como el de una balanza, de la palanca $P Q$ en cuyos extremos y de la misma manera que los platillos de aquélla, cuelgan el flotador A y el contrapeso A' contruido de plomo este último.

Daremos también dimensiones a los brazos de la palanca $P Q$, con lo que todos los datos serán:

$$V = \text{volumen del flotador } A = 10^3 = 1000 \text{ cm}^3.$$

v = ídem de la parte sumergida del flotador $A = \frac{V}{2} = 500 \text{ cm}^3$.

δ = densidad del agua = 1.

δ_1 = ídem del flotador A de aluminio = 2,56.

δ' = ídem del contrapeso A' de plomo = 11,35.

l = brazo OP de la palanca PQ = 10 cm.

l' = ídem OQ de la palanca PQ = 25 cm.

Sustituyendo estos valores en la fórmula [1] tendremos

$$1000 \times 2,56 - 500 \times 1 = 11,35 \frac{25}{10} V';$$

despejando V' que es la incógnita del problema, quedará

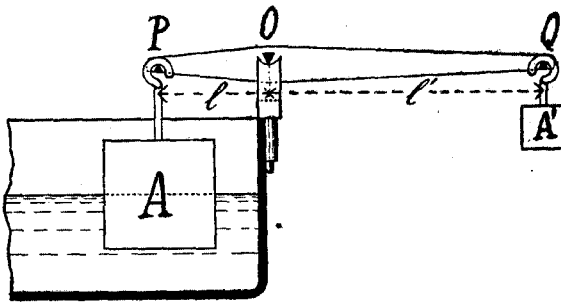


Fig. 2.

$$V' = \frac{1000 \times 2,56 - 500 \times 1}{11,35 \frac{25}{10}} = 73 \text{ cm}^3$$

y haciendo el contrapeso de forma cúbica de lado a , determinaremos por último este valor, sabiendo que

$$a^3 = V'$$

y por lo tanto

$$a = \sqrt[3]{V'} = \sqrt[3]{73} = 4,17 \text{ centímetros.}$$

que soluciona el ejemplo que estudiamos.

También podríamos construir el contrapeso hueco y llenarlo de per-

digones hasta que tenga el peso necesario, que deduciremos sustituyendo en [1] todos los valores dichos menos el de δ' con lo que

$$1000 \times 2,56 - 500 \times 1 = \frac{25}{10} V' \delta';$$

y despejando el peso del contrapeso será:

$$V' \delta' = \frac{1000 \times 2,56 - 500 \times 1}{\frac{25}{10}} = 824 \text{ gramos.}$$

II

Vista la posibilidad de los flotadores macizos, vamos a ver que también pueden actuar de motor, análogamente a como se usan los flotadores huecos.

Supongamos que en el caso anterior, del flotador con su contrapeso en equilibrio, va subiendo el nivel MN (fig. 3) del líquido; la parte $abCD$

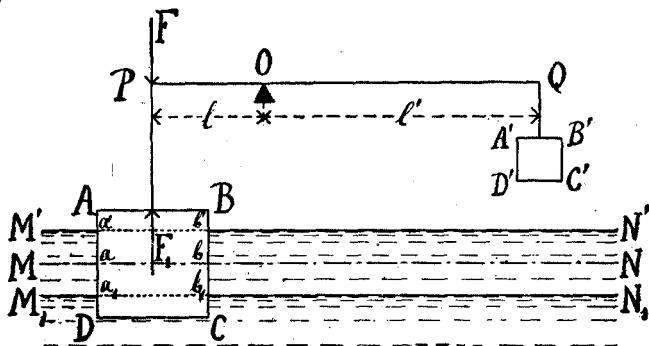


Fig. 3.

sumergida irá aumentando, con ella el peso del líquido desalojado y como consecuencia disminuyendo el del flotador, hasta llegar a una altura $M'N'$ en que el peso de $A'B'C'D'$ vence no sólo al del flotador sino además el rozamiento que opone al movimiento la palanca PQ y mecanismo a que esté unida y a partir de ese momento acompañará el flotador el movimiento de la superficie $M'N'$ del líquido. De igual manera si desciende el nivel MN irá disminuyendo la parte sumergida del flotador y por lo tanto el volumen de líquido desalojado, aumentando por ello el peso de aquél, hasta ser el suficiente, cuando esté el nivel en M_1N_1 , para

vencer al contrapeso y las resistencias a moverse de la palanca PQ y mecanismo a ella unido, a partir del cual el flotador, análogamente a lo antes expuesto, acompañará en su movimiento a la superficie $M_1 N_1$ del líquido.

Observaremos que estando comprendido el nivel del líquido entre $M' N'$ y $M_1 N_1$ no se mueve la palanca PQ .

Llamemos ahora:

V = volumen del flotador $ABCD$.

v' = ídem de la parte $a' b' CD$ sumergida estando el nivel en $M' N'$.

v_1 = ídem de la íd. $a_1 b_1 CD$ » » » » $M_1 N_1$.

V' = ídem del contrapeso $A' B' C' D'$.

δ = densidad del líquido.

δ_1 = ídem del flotador $ABCD$.

δ' = ídem del contrapeso $A' B' C' D'$.

F = fuerza vertical aplicada en el extremo P de la palanca PQ y que se opone al movimiento de ella cuando sube el nivel del líquido.

F_1 = fuerza vertical aplicada en el extremo P de la palanca PQ y que se opone al movimiento de ella cuando baja el nivel del líquido.

l = brazo OP de la palanca PQ .

l' = ídem OQ de la palanca PQ .

Teniendo en cuenta que una vez iniciado el movimiento del flotador, tiene que establecerse el equilibrio entre todas las fuerzas que actúan en la palanca PQ , podremos establecer las ecuaciones siguientes:

$$(V\delta_1 - v'\delta + F)l = V'\delta' l' \quad [2]$$

cuando el nivel del líquido va subiendo, y

$$(V\delta_1 - v_1\delta - F_1)l = V'\delta' l' \quad [3]$$

cuando va bajando, y como los segundos miembros de las dos son iguales

$$(V\delta_1 - v'\delta + F)l = (V\delta_1 - v_1\delta - F_1)l$$

de la que suprimiendo términos comunes

$$-v'\delta + F = -v_1\delta - F_1$$

que se transforma fácilmente en

$$(v' - v_1)\delta = F + F_1$$

de la cual se deduce que la fuerza que hará mover la palanca PQ es sólo

dependiente del peso de la diferencia de los volúmenes del líquido desalojado, como en el caso corriente de flotadores huecos, lo cual era evidente puesto que las demás cantidades son todas constantes.

Dividiendo por δ los dos miembros de la igualdad última nos quedará

$$v' - v_1 = \frac{F + F_1}{\delta} \quad [4]$$

fórmula que nos permitirá calcular la diferencia $v' - v_1$ conociendo las fuerzas F y F_1 y la densidad δ del líquido que tengamos. Si además nos fijaran la diferencia de niveles h del líquido, entre los que no se mueve la palanca PQ , llamando s a la sección del flotador podríamos poner

$$h \times s = v' - v_1$$

y por lo tanto

$$s = \frac{v' - v_1}{h} \quad [5]$$

Conocido $v' - v_1$ daremos a uno de ellos un valor arbitrario determinando en su función el otro, y como ordinariamente después de esto, la incógnita que quedará es el volumen del contrapeso, lo despejaremos de [2] y [3], teniendo de [2]

$$V' = \frac{(V\delta_1 - v'\delta + F)l}{\delta'l'} \quad [6]$$

y de [3]

$$V' = \frac{(V\delta_1 - v_1\delta - F_1)l}{\delta'l'} \quad [7]$$

fórmulas que nos darán iguales valores y que nos resolverán por completo el problema, teniendo siempre en cuenta que hay que hacer $V > v' > v_1$.

Ejemplos.—Entre las aplicaciones más frecuentes de los flotadores vamos a indicar las dos siguientes, en que se hace uso de los macizos de que nos estamos ocupando.

1.º *Válvula de flotador.*—La válvula de flotador, según sabemos, consiste en una palanca OP (fig. 4) que tiene el flotador A en su extremo P , gira alrededor de O y por encima de este eje lleva una uña que mueve la válvula E' abriendo o cerrando la entrada E del líquido en el depósito; cuando el nivel de este último no pasa de cierta altura, el peso del flota-

dor A le hace caer a la posición A_1 tomando la palanca la posición OP_1 que deja abierta la válvula E' y cuando va llenándose el depósito, al sumergirse en el líquido parte del flotador lo levanta hasta quedar en A y la palanca en OP cerrándose la válvula E' y por lo tanto este será el nivel máximo a que podrá llegar el líquido del depósito. Aplicando en este caso el flotador macizo, sólo tendremos que añadir a lo descrito la varilla $Q Q'$ con el contrapeso A' .

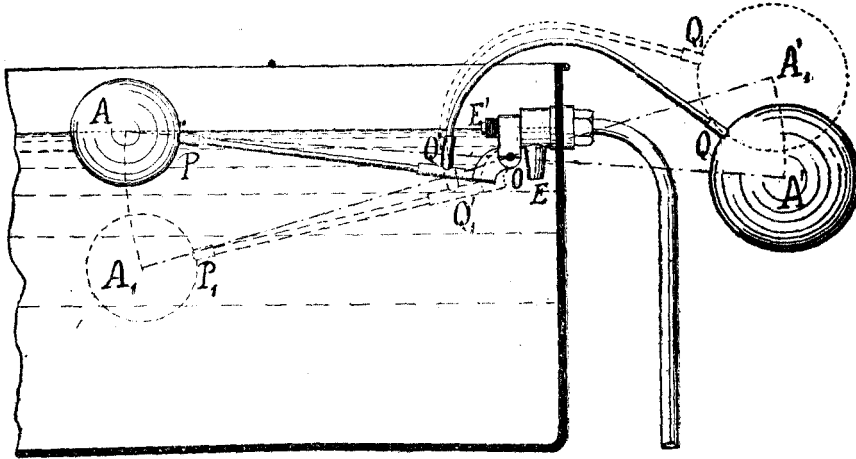


Fig. 4.

Vamos ahora a calcular uno de estos aparatos partiendo de lo siguiente:

V = volumen del flotador A que haciéndolo de forma esférica de diámetro d será $= \frac{\pi d^3}{6}$.

v = volumen de la parte sumergida del flotador cuando está el nivel alto, que suponemos $= \frac{V}{2} = \frac{\pi d^3}{12}$.

v_1 = volumen de la parte sumergida del flotador cuando está el nivel bajo $= 0$.

V' = volumen del contrapeso A' que siendo también esférico y de diámetro d' resultará $= \frac{\pi d'^3}{6}$.

δ = densidad del líquido que suponemos sea el agua $= 1$.

δ_1 = densidad del flotador A , que construiremos de mármol $= 2,75$.

δ' = densidad del contrapeso A' que lo fabricaremos de celuloide $= 1,37$.

F = fuerza vertical aplicada en el centro de A y que se opone al movi-

miento de la palanca OP al subir el nivel del líquido = 150 gramos.

F_1 = fuerza vertical aplicada en el centro de A y que se opone al movimiento de la palanca OP al bajar el nivel del líquido = 100 gramos.

l = brazo OA de la palanca PQ = 35 cm.

l' = brazo OA' de la palanca PQ = 25 cm.

Aplicando la fórmula [4] nos dará

$$v' - o = \frac{150 + 100}{1} = 250 \text{ cm}^3$$

y sustituyendo el valor de v' resultará

$$\frac{\pi d^3}{12} = 250 \text{ cm}^3$$

de donde

$$d = \sqrt[3]{\frac{250 \times 12}{\pi}} = 9,85 \text{ centímetros}$$

teniendo para el volumen total del flotador

$$V = 2 v' = 2 \times 250 = 500 \text{ cm}^3$$

Para calcular las dimensiones del contrapeso emplearemos, como dejamos dicho, las fórmulas [6] y [7], dándonos la fórmula [6]

$$v' = \frac{(500 \times 2,75 - 250 \times 1 + 150) 35}{1,37 \times 25} = 1303 \text{ cm}^3$$

y la [7]

$$v' = \frac{(500 \times 2,75 - 0 \times 1 - 100) 35}{1,37 \times 25} = 1303 \text{ cm}^3$$

que vemos son exactamente iguales, y como

$$v' = \frac{\pi d'^3}{6}$$

tendremos

$$d' = \sqrt[3]{\frac{6 v'}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6 \times 1303}{\pi}} = 13,55 \text{ centímetros.}$$

Si queremos calcular solamente el peso del contrapeso para hacerlo hueco y relleno de perdigones, dicho peso se deduciría de la fórmula [6]

$$V' \delta' = \frac{(500 \times 2,75 - 250 \times 1 + 150) 35}{25} = 1785 \text{ gramos}$$

y de la [7]

$$V' \delta' = \frac{(500 \times 2,75 - 0 \times 1 - 100) 35}{25} = 1785 \text{ gramos}$$

que como anteriormente dan iguales valores.

2.º *Indicador de nivel.*—Para saber desde el exterior de los depósitos la altura o cantidad de líquido que contienen, se suele emplear el indicador de nivel que consiste simplemente en una polea PQ (fig. 5) fija al depósito, por cuya garganta pasa la cuerda o cadena $P_1 P C Q Q_1$ que en uno de sus extremos lleva el flotador A y en el otro el contrapeso índice A' , que marca en una escala graduada $E E_1$ la altura del líquido en el interior o la cantidad que en cada momento contiene. En la aplicación que vamos a exponer, permanece todo de igual manera, sustituyendo el flotador hueco por uno macizo y aumentando el peso del contrapeso.

Para calcular este indicador de nivel de flotador macizo, tomaremos como datos los siguientes:

δ = densidad del líquido, que suponemos sea el agua = 1.

δ_1 = densidad del flotador A que construimos de bronce = 8,81.

δ' = densidad del contrapeso A' que lo fabricamos de hierro forjado = 7,80.

$F = F_1$ = fuerzas verticales aplicadas en el punto P de la garganta de la polea PQ donde queda tangente a la cuerda o cadena y que se oponen al movimiento de aquella en uno y otro sentido = 300 gramos.

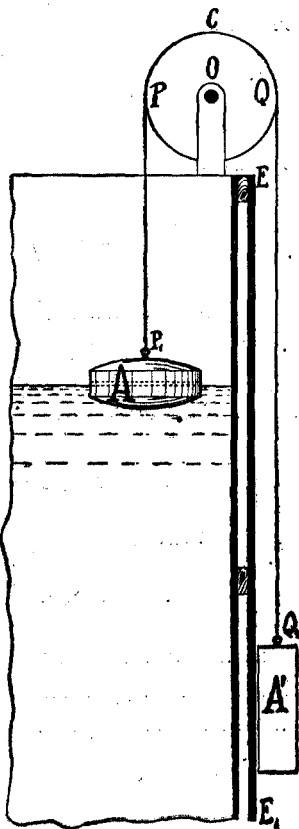


Fig. 5.

Con la fórmula [4] obtendremos

$$v' - v_1 = \frac{300 + 300}{1} = 600 \text{ cm}^3.$$

Haciendo el flotador cilíndrico de diámetro d y por lo tanto de sección

$$s = \frac{\pi d^2}{4}$$

y queriendo que marque el índice contrapeso con un error de un centímetro en los niveles o sea de esta magnitud la diferencia de niveles del líquido entre los que no funciona el aparato al variar el sentido del movimiento de dicha superficie, tendremos que aplicar la fórmula [5], que nos dará

$$s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{v' - v_1}{1} = 600 \text{ cm}^2$$

de donde

$$d = \sqrt{\frac{600 \times 4}{\pi}} = 27,64 \text{ centímetros.}$$

Como ya se ha dicho, hay que dar después a v' o v_1 un valor arbitrario; se lo damos a v_1 haciendo la parte cilíndrica de 3 centímetros de alto y terminándola inferiormente con un segmento esférico de 912 centímetros cúbicos de volumen, con lo que

$$v_1 = s \times 3 + 912 = 600 \times 3 + 912 = 2712 \text{ cm}^3$$

y por lo tanto

$$v' = s \times 4 + 912 = 600 \times 4 + 912 = 3312 \text{ cm}^3.$$

El flotador lo completaremos aumentándole 3 centímetros a la parte cilíndrica de v' y terminándolo por encima con otro segmento esférico igual al inferior, quedando su volumen en

$$V = s \times 7 + 912 \times 2 = 600 \times 7 + 912 \times 2 = 6024 \text{ cm}^3$$

El volumen del contrapeso se calculará por las fórmulas [6] y [7] en las que además de sustituir los valores que tenemos, haremos $l = l'$ puesto que son radios de la misma polea, resultando de la [6]

$$V' = \frac{6024 \times 8,81 - 3312 \times 1 + 300}{7,8} = 6418 \text{ cm}^3$$

y de la [7]

$$V' = \frac{6024 \times 8,81 - 2712 \times 1 - 300}{7,8} = 6418 \text{ cm}^3$$

que como venimos observando, dan iguales soluciones; y construyendo el contrapeso prismático de sección s' rectangular de 10×20 centímetros o sea de 200 centímetros cuadrados y de altura h' podremos poner

$$V' = s' \times h$$

de donde

$$h' = \frac{V'}{s'} = \frac{6418}{200} = 32,09 \text{ centímetros.}$$

Por último, si queremos hallar solamente el peso del contrapeso, continuando el procedimiento seguido en los ejemplos anteriores, dicho peso lo obtendríamos de la fórmula [6]

$$V' \delta' = 6024 \times 8,81 - 3312 \times 1 + 300 = 50059 \text{ gramos}$$

y de la [7]

$$V' \delta' = 6024 \times 8,81 - 2712 \times 1 - 300 = 50059 \text{ gramos,}$$

las cuales dan resultados exactamente iguales, como siempre tiene que suceder.



ESTUDIO ELEMENTAL DE LA TELEGRAFÍA SIN HILOS

6. The first of these is the

VICENTE RODRÍGUEZ

CAPITÁN DE INGENIEROS

ESTUDIO ELEMENTAL

DE LA

TELEGRAFIA SIN HILOS



IMPRESA DEL «MEMORIAL DE
INGENIEROS». - MADRID. 1917.



Constantes físicas que intervienen en los fenómenos electromagnéticos.

Alcance de este trabajo.—En el estudio actual no se encontrará nada nuevo, de suerte que aquellos compañeros especializados en la materia, pueden darle de lado. Sólo se dirige a los que, dedicados a otras ocupaciones, no hayan hecho estudios especiales, y también para aquéllos que inicien la especialización en este importante servicio.

En el examen de las complejas cuestiones teóricas que abarca, he huido tanto de los conceptos toscos corrientes en ciertas obras de vulgarización, como de los desarrollos, fatigosos en extremo, necesarios para dar rigor matemático a las teorías; procurando ante todo, formar la imagen intuitiva de los fenómenos por sus analogías con otros vulgares para todo aquél que conoce la Mecánica y la Física.

He procurado la concisión, y si por dicha lograrse la claridad y la precisión, habré conseguido hacer un trabajo útil, que es cuanto me propuse.

Papel de la capacidad electrostática en los fenómenos electromagnéticos.
—El concepto antiguo, que considera la electricidad como un fluido, conduce a una noción perfectamente asequible acerca de la capacidad de los conductores: el potencial eléctrico es *algo* semejante a la presión del fluido y la capacidad electrostática es como la *cabida del vaso*, al que se asimila el conductor en esta idea.

En la teoría electromagnética actual, fundamentalmente debida a Maxwell, este concepto tosco ha desaparecido, y la capacidad en los circuitos realiza con relación a las fuerzas electromotrices (que escribiremos abreviadamente f. e. m.) la misma función que la *elasticidad* de los cuerpos en relación con las fuerzas mecánicas que tratan de deformarlos: cargar un condensador, ya no es *llenar* una vasija de fluido eléctrico, si no que, por el fenómeno de la electrización, aparecen en el medio dieléctrico que separa ambas armaduras *tensiones etéreas especiales*, de las cuales se puede formar un concepto tangible, según se indica a continuación.

La f. e. m. aplicada al condensador, tiene por efecto *estirar* o *tender*

una serie de resortes o hilos elásticos, cuya tensión elástica contrarresta rápidamente la f. e. m. aplicada; si desaparece la causa que mantiene la electrización del medio, los resortes indicados vuelven a la primera posición de equilibrio y el condensador resulta descargado. En tales cambios, hay siempre transformación de energía, de tal modo, que durante la carga se almacena en el medio dieléctrico una energía potencial electrostática (*):

$$W_e = \frac{1}{2} C V^2 \quad [1].$$

La energía W_e durante la descarga se transforma en calor, energía radiante, energía magnética, etc., pudiendo presentarse algunas o todas de estas diferentes formas de la energía, según el modo como la descarga se efectúe y el instante que durante la misma se considere.

Para precisar bien el concepto expuesto, imagínese en la figura 1

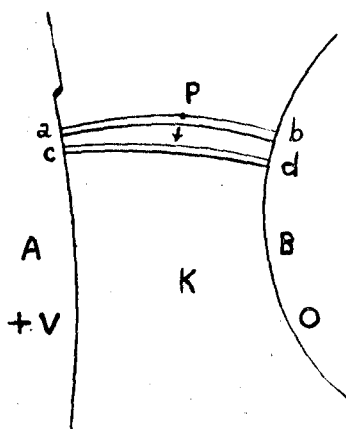


Fig. 1.

que el medio dieléctrico K existente entre dos cuerpos conductores A y B , es perturbado por la aplicación de la f. e. m. V : esta f. e. m. llevaría, por ejemplo, el cuerpo A al potencial V , en tanto que el cuerpo B , en comunicación constante con tierra, permanecería al potencial cero. La perturbación de la masa etérea que llena todo el espacio dieléctrico, consiste en hacer que aparezcan hilos elásticos llamados tubos de tensión $a b, c d$, de sección muy pequeña y cuyos extremos apoyan normalmente en la superficie de los conductores A y B , limitando en ellos elementos superficiales (a y b, c y d), cuya electriza-

ción tiene el mismo valor, pero signo contrario y nombrados *elementos correspondientes*.

Las variaciones de la f. e. m. aplicada, incrementan en el mismo sentido la tensión elástica de tales resortes o tubos de tensión, y también su número por unidad superficial. Existe, pues, en esos tubos, una *tensión longitudinal* según su eje, que trata de aproximar los cuerpos A y B y una *presión transversal*, normal al eje de los tubos, que *empuja* al tubo

(*) En esta fórmula C es la capacidad del condensador y en general, del sistema cargado y V es el valor de la f. e. m. o potencial aplicado al sistema.

c d por parte del *a b* en el sentido de la pequeña flecha marcada y en virtud de la cual, cada tubo resulta en equilibrio cuando las presiones transversales de todos los demás se destruyen mutuamente en sus diversos puntos.

Si el sistema de cuerpos *A, B ...* y el potencial aplicado permanecen invariables y sólo cambia el dieléctrico *K*, ocurre también que el número de tubos por unidad de superficie de *A* o *B* se altera, de suerte que aparece clara la noción de una *influencia decisiva* de la naturaleza del medio en el fenómeno que consideramos: los distintos medios se manifiestan como diversamente *permeables* para los tubos de tensión. Se encuentra así una constante física perfectamente definida, que ha sido nombrada *constante dieléctrica*, y con la cual se precisa la mayor o menor *facilidad* con que el dieléctrico se presta al paso de los tubos de tensión: si K_1 y K_2 , son dos constantes dieléctricas, tales que $K_2 > K_1$, siempre que el medio en la figura 1 sea el de constante K_2 , el número de tubos de tensión será mayor que cuando el medio tenga por constante K_1 ; al mismo tiempo, el cambio de constante produce un cambio paralelo en la electrización del sistema, que *aumenta precisamente en la relación* $\frac{K_2}{K_1}$.

La noción de *carga eléctrica*, que en la concepción antigua se *condensaba en las superficies de A y B*, resulta por esto *substituida* por un concepto complejo que tiene en cuenta el número de resortes hipotéticos tendidos por unidad de sección, sus tensiones longitudinales y la presión transversal que entre ellos se ejerce, con la particularidad *esencial*, de que en el fenómeno considerado, del modo actual, el *sitio* donde radica la perturbación estudiada, es *precisamente el dieléctrico*.

Sin profundizar más en la hipótesis expuesta, cuyo objeto es solamente dar un concepto tangible de los hechos, se concibe bien, que las constantes de los medios se consideren proporcionales a la capacidad, es decir, que si C_1 es la capacidad de un sistema que tenga por medio el dieléctrico cuya constante se elija como unidad, la capacidad *C* del mismo sistema cuando el medio tuviere la constante *K*, será:

$$C = K C_1$$

y es claro, finalmente, que la energía potencial electrostática, medida por la fórmula [1], es directamente proporcional a la constante dieléctrica del medio.

Se adjudica normalmente al vacío, *en unidades del sistema cegesimal electrostático*, una permeabilidad eléctrica igual a uno, es decir, que su constante dieléctrica se toma por *unidad*, y sensiblemente también es

igual a uno, la constante dieléctrica del aire seco a la temperatura y presión ordinarias. Con tal unidad, cualquier medio resulta con una constante *mayor que uno*.

Admitido lo anterior, aparece la constante dieléctrica de un medio, medida por la relación entre la capacidad de un condensador que tenga ese medio como dieléctrico y la capacidad del condensador de aire idéntico. Esta propiedad permite obtener las constantes dieléctricas, y en general, se utiliza para dar la definición de tales magnitudes.

Es fundamental en el estudio de la electrización de los medios, un postulado que suele enunciarse diciendo:—*hay unidad de fuerza eléctrica*—; es decir, que las propiedades de un medio electrizado, espacio que como es sabido se nombra *campo eléctrico*, son independientes del origen de la electrización, y sólo dependen del valor de un vector H , nombrado *intensidad del campo*, que es igual en cada punto a la fuerza que el campo ejerce sobre un conductor que tuviera la carga eléctrica unidad. Este postulado afirma, por tanto, que si dos campos eléctricos de diferente origen (producidos, por ejemplo, por el fenómeno de la inducción electromagnética y por las cargas estáticas de un sistema de conductores) producen en una región determinada de cada campo, efectos iguales sobre un conductor cargado, producirán siempre, en tal región, efectos idénticos sobre otro elemento electromagnético cualquiera.

Energía almacenada por unidad de volumen de un dieléctrico.—En el campo eléctrico de la figura, cuyas propiedades generales supongo conocidas del lector, los tubos de tensión indicados no son otra cosa que los *tubos de fuerza del campo*; por tanto, la variación del potencial entre dos puntos distantes la distancia elemental dl a lo largo del tubo de tensión es precisamente la intensidad H del campo en el punto P , con signo contrario:

$$-\frac{dV}{dl} = H \quad [2]$$

y considerando la variación total del potencial entre dos elementos correspondientes a y b , c y d , ... que por término medio distan d centímetros según los ejes de los tubos de tensión, será en valor absoluto:

$$H = \frac{\Delta V}{\Delta l} = \frac{V}{d},$$

fórmula suficientemente aproximada cuando d sea pequeño y las superficies de A y B sensiblemente iguales, como normalmente se consideran

para los condensadores. En este último caso, la capacidad se expresa en general por

$$C = \frac{K s}{4 \pi d} \quad (*),$$

que substituída en la fórmula [1], la transforma sucesivamente en:

$$W_e = \frac{K s}{8 \pi} \frac{V^2}{d} = \frac{K s d}{8 \pi} \left(\frac{V}{d} \right)^2 = \frac{K H^2}{8 \pi} \cdot s d$$

y como $s d$ = volumen del dieléctrico, resulta la energía por unidad de volumen buscada

$$W_1 = \frac{K H^2}{8 \pi} \quad [3].$$

Esta fórmula es general para un sistema cualquiera.

Papel de la autoinducción en los fenómenos electromagnéticos. Fundamentalmente un campo magnético tiene las mismas propiedades, independientemente de su origen; es decir, que en una región de un campo magnético situada lejos del origen del mismo campo, no hay diferencia entre la acción ejercida sobre no importa que elemento electromagnético por el campo magnético debido a una corriente eléctrica y por el debido a un sistema de imanes. Por ejemplo, la igualdad de acción de ambos campos sobre un polo magnético determinado, colocado en un punto, asegura acerca de la igualdad de las acciones ejercidas en tal punto por los mismos campos sobre otro elemento electromagnético cualquiera.

Esta propiedad fundamental, correlativa de la establecida para el campo eléctrico, se traduce en la existencia de una unidad de fuerza magnética, definida por la intensidad magnética H , vector que en cada punto es igual y de signo contrario a la derivada de la función potencial en la dirección de la línea de fuerza.

La concepción actual de los fenómenos magnéticos prescinde también de los flúidos especiales, y considera los fenómenos con un mecanismo semejante al indicado para explicar la electrización de los conductores, sin más que substituir la noción de permeabilidad dieléctrica K del medio por la de permeabilidad magnética μ , con la diferencia esencial de que las líneas de fuerza magnéticas o tubos de tensión, no terminan en

(*) s es la superficie media de las armaduras del condensador.

los cuerpos magnéticos *porque no existen cuerpos conductores del magnetismo*, de suerte que las citadas líneas *son siempre curvas cerradas*.

Como antes, la permeabilidad magnética del vacío se toma como unidad *en el sistema cegesimal electromagnético*, y a diferencia de lo que ocurriría con la constante K siempre mayor que la unidad para cualquier dieléctrico, la constante μ *es menor* que la unidad para los cuerpos llamados *diamagnéticos* y mayor, en los cuerpos *paramagnéticos*. Además, los valores de μ son muy próximos a uno en la casi totalidad de los cuerpos, y sólo en algunos, hierro y sus derivados, níquel, cobalto, etc. alcanza valores grandes (mucho mayores en este caso que los que alcanza K en cualquier dieléctrico). Por último, otro carácter particular de la permeabilidad magnética, es su variación. Los valores de μ *son siempre función del campo y del modo como se ha llegado al valor actual del campo*, con diferencias muy considerables; en tanto que los de K varían poco con esas circunstancias.

Los hechos esbozados indican ya una estrecha relación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos. Esta relación se hace más patente con el hecho fundamental siguiente: *Las líneas de fuerza eléctricas aparecen constantemente unidas a líneas de fuerza magnéticas, constituyendo el campo electromagnético*, sin otra excepción que las de los campos fijos, únicos que pueden existir independientes.

Uno de los fenómenos que comprueban esta regla general, es el de la *inducción electromagnética*, que consiste simplemente en la aparición de una f. e. m., siempre que a través de un sistema absolutamente cualquiera, varía el valor del vector H que define el campo magnético. Es decir, que al campo magnético que varía, se une por el hecho de su variación el campo eléctrico correspondiente. Este campo es desde luego potencial y está definido por una intensidad E a la cual se llega mediante el conocimiento de la f. e. m. de inducción, cuyo valor es igual a la variación del flujo en el tiempo con signo contrario:

$$E = - \frac{d\Phi}{dt} \quad [4]$$

f. e. m. que *se produce*, según la llamada regla de Faraday, *en aquellos cuerpos o regiones del sistema que cortan líneas de fuerza del campo magnético*, como necesariamente ha de ocurrir durante la variación del campo, que supone aumento o disminución de esas líneas en determinadas regiones.

Si para concretar se supone esta f. e. m. de inducción en los conductores de un circuito *cerrado*, se produce en tal circuito una corriente in-

ducida, que dura tanto tiempo como subsista la variación del flujo inductor y *que produce*, a su vez, *un flujo magnético propio inducido*, opuesto o del mismo sentido que el flujo inductor, pero tal, *que siempre se opone a la variación del precitado campo inductor*; es decir, que si el flujo inductor decrece a través del circuito inducido, el campo *propio* de éste tiene el mismo sentido y tiende a reforzar el primero, y si el campo inductor aumenta, el campo inducido adquiere sentido contrario y tiende a evitar el crecimiento del primero.

Estos hechos son vulgares y sirven de fundamento a las máquinas de inducción que la técnica utiliza con enorme amplitud. En ellos interviene un parámetro o constante física, dependiente de la forma y dimensiones del sistema de conductores y de la naturaleza magnética del medio, constante nombrada *coeficiente de autoinducción*, que numericamente es igual al cociente entre el flujo magnético *propio* del sistema y la corriente que lo produce:

$$L = \frac{\Phi}{I} \quad [5]$$

o lo que es igual, al flujo magnético producido por el sistema cuando a través de los conductores del mismo pasa una corriente igual a la unidad (*).

De lo anterior resulta, que el carácter general de los fenómenos de inducción es el de *oposición a todo cambio* sea de forma de los conductores que constituyen el sistema, sea de la posición de los mismos o del valor de la corriente que los recorre. La *inercia* de las masas materiales está substituida en los sistemas electromagnéticos por la inducción y la constante física que permite tener en cuenta tal *inercia electromagnética* es precisamente el coeficiente de autoinducción definido.

El efecto de las fuerzas mecánicas que actúan sobre las masas materiales en movimiento y modifican en v unidades su velocidad, consiste en incrementar la fuerza viva de tales masas $\frac{1}{2} \Sigma m v^2$, *energía cinética* que se cede o se toma al medio exterior cuando las masas m vuelven a la velocidad primera. Del mismo modo, el efecto de las f. e. m. que actúan en un sistema de corrientes cualquiera y determinan su incremento en I unidades, consiste en incrementar la *energía magnética potencial del medio* en la cantidad

(*) Para que ambos valores sean iguales es indispensable que la permeabilidad μ sea constante.

$$W_m = \frac{1}{2} \Sigma L I^2 \quad [6]$$

que se podrá encontrar, *transformada*, en el sistema cuando se vuelve al primitivo estado.

La diferencia entre ambos casos estriba en que la energía cinética está como unida al sistema de masas m , mientras que la energía W_m está en el medio magnético que rodea al sistema de conductores considerado; es decir, que para completar el paralelo establecido, es preciso convenir en representar por los coeficientes de autoinducción L , las masas electromagnéticas de los diferentes medios del sistema.

Valor de la energía magnética potencial por unidad de volumen de un medio magnético.—La determinación del coeficiente de autoinducción de una bobina larga, de longitud l , sección s y n espiras, con un núcleo de permeabilidad μ , conduce a la fórmula

$$L = 4 \pi \frac{n^2}{l} s \mu; \quad [7]$$

y como también el campo magnético en el interior de tal bobina, cuando sus espiras son recorridas por una corriente I , tiene el valor

$$H = 4 \pi \frac{n}{l} I \quad [8]$$

resulta la energía magnética potencial almacenada en el núcleo, según la fórmula [6]

$$W_m = \mu \frac{H^2}{8 \pi} s \cdot l$$

y como $s \cdot l$ = volumen del núcleo, resulta finalmente:

$$W_1 = \frac{\mu H^2}{8 \pi} \quad [9]$$

como valor de la energía buscada.

Esta fórmula, idéntica en su forma a la [3] referente al campo eléctrico, la admitiremos también como *general* para cualquier sistema.

Papel de las resistencias opuestas por los medios al paso de las corrien-

tes en los fenómenos electromagnéticos.—Siempre que una f. e. m. se aplica a un sistema o se produce dentro de él por alguno de los fenómenos conocidos, aparece una nueva serie de hechos, variables según la naturaleza del medio interpuesto entre los puntos que resultan a distinto potencial. Si el medio es *conductor*, se establece un flujo continuo de electricidad (*), que dura mientras la diferencia de potencial establecido se mantiene, y que no es otra cosa que la corriente eléctrica. Si el medio no es conductor aparece establecido casi instantáneamente un campo electrostático, y éste, si su valor es suficientemente grande, destruye la cohesión del medio y produce una *descarga* que luego subsiste como una corriente eléctrica en condiciones análogas a las del caso anterior. Si el valor del campo establecido no es suficiente para vencer la llamada *rigidez dieléctrica* del medio, se llega a un equilibrio o *campo constante*.

En los dos casos en los cuales resulta establecida la corriente, ésta no puede ser mantenida sin un cierto gasto de energía. Si la diferencia de potencial existente entre dos puntos se supone invariable, la energía gastada varía en razón inversa de la *resistencia eléctrica* existente entre aquéllos. El nuevo parámetro o constante física que acabo de nombrar, es función de las dimensiones, de la naturaleza y de la temperatura de los medios; para un cuerpo cilíndrico de longitud l y sección s

$$R = \rho \frac{l}{s}.$$

La magnitud ρ , resistencia de un trozo del cuerpo considerado que tenga la unidad de longitud y la sección unidad, es nombrada *resistividad* o *resistibilidad* de la substancia, y su valor varía con la temperatura de modo diverso, según que los cuerpos sean conductores o aisladores a la temperatura ordinaria.

Para los cuerpos conductores y pequeñas variaciones de temperatura, sensiblemente

$$\rho_t = \rho_0 (1 + a t)$$

de suerte que la *resistividad de los conductores varía del mismo modo que la temperatura*.

Para los cuerpos aisladores, por el contrario, la *resistividad decrece*

(*) En la teoría moderna, los *electrones* pasarían de unos a otros átomos materiales, constituyendo la corriente. Para mi objeto no hace falta llegar al concepto del electrón.

con rapidez cuando la temperatura aumenta, de modo que a una temperatura suficiente, estos cuerpos tienen una resistividad pequeña, del mismo orden que la de los conductores.

Como una vez vencida la rigidez dieléctrica de un aislador, la descarga produce en su masa un calentamiento intenso, resulta por este hecho que la resistencia opuesta por el medio en los instantes sucesivos tiene un valor del mismo orden que si aquél fuera conductor.

En resumen, si R es la resistencia eléctrica entre dos puntos, una vez establecida la corriente, la energía transformada en calor, en virtud del llamado *efecto Joule*, y normalmente gastada en pura pérdida, es por segundo

$$W_j = \frac{E^2}{R} = I^2 R \quad [10]$$

La resistencia R opuesta al paso del flujo eléctrico, es comparable a la *resistencia viscosa* que opone un fluido al movimiento de un cuerpo a través de su masa. Es, pues, muy diferente de la *resistencia elástica* opuesta por el dieléctrico de un condensador mientras dura su carga, y de la *resistencia de inercia* que opone el medio a los cambios magnéticos que acompañan a toda variación de corriente. El calor W_j es una energía que los cuerpos atravesados por la corriente ceden al medio exterior en forma calorífica, mientras que la energía eléctrica y la energía magnética del medio son energías potenciales inmediatamente devueltas por el medio en cuanto cesa la causa que originó la perturbación.

Corrientes de conducción y corrientes de desplazamiento.—El concepto vulgar de circuito cerrado supone la continuidad de cuerpos conductores entre un punto del circuito y el mismo punto, luego que se han recorrido todos los cuerpos que forman el sistema. En las teorías de Maxwell este concepto se amplía, y un circuito como el de la figura 2 que contiene un condensador, es también un circuito cerrado, pues una f. e. m. aplicada al sistema, *insuficiente* para vencer la rigidez dieléctrica del medio que separa las armaduras A y B del condensador, produce también una corriente I que atraviesa el sistema conductor $B C A$ y se cierra a través del dieléctrico $A B$ determinando la carga del condensador.

Esta corriente tiene una duración pequeñísima, y el sistema queda en equilibrio al cabo de un instante, si la f. e. m. aplicada es constante; pero los efectos magnéticos de esa corriente son absolutamente de la misma naturaleza que los de las corrientes en los conductores y circuitos ordinarios.

Las corrientes de carga de los dieléctricos, encuentran en éstos la re-

sistencia elástica, cuyo concepto ha sido suficientemente explicado en párrafos anteriores y han sido nombradas por Maxwell *corrientes de desplazamiento*, por oposición a las *corrientes de conducción* que atraviesan los conductores: Las primeras almacenan en el medio la energía potencial W_e ; las segundas gastan la potencia W_j .

La extensión a las corrientes de desplazamiento de las propiedades magnéticas de las corrientes de conducción, es una consecuencia del principio fundamental establecido de la *unidad de fuerza eléctrica*.

5. *Constantes físicas determinantes de los elementos electromagnéticos periódicos.*—La coexistencia de los campos eléctrico y magnético que acompañan a los fenómenos electromagnéticos, excluye normalmente a los campos fijos. Ahora bien, la variación continua de un elemento en un sentido determinado, nunca será realizable en la práctica porque tal variación es opuesta a la duración indefinida de un fenómeno. Esta prolongación del mismo en el tiempo, exige cambios, tales, que la magnitud considerada pasa sucesivamente por valores que ya tomó en tiempos anteriores, y de esta manera se llega al estudio de la variación regular o *periódica*.

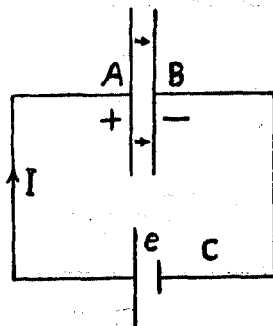


Fig. 2.

El estudio de toda variación periódica de un elemento, se reduce en último término al de la variación *sinusoidal* o *armónica*, ya que, según ha demostrado Fourier, todo cambio periódico complejo se puede substituir de una sola manera, por una suma de variaciones sinusoidales, propiedad que responde a una realidad física pues un sonido complejo, por ejemplo, que se transmite por variaciones periódicas de la presión del aire, puede ser descompuesto en sonidos simples por un sistema de resonadores, y tales sonidos elementales componentes, corresponden a las variaciones armónicas que el teorema de referencia permite expresar.

Toda magnitud sinusoidal está definida por *su amplitud*, por *su pulsación* y por *su fase*. Refiriéndome para concretar al sistema de la figura 3, en la cual un campo magnético fijo H , es atravesado por un aro conductor AB , que gira con velocidad angular constante ω , alrededor de un eje O contenido en su plano y normal al campo H , se observa que el flujo magnético que pasa a través del aro, varía periódicamente, según la proyección de la superficie plana AB sobre el plano OP normal al campo. Si partimos del instante en que el plano AB está confundido con el OP , al cabo del tiempo t el ángulo de los dos planos tendrá el valor $\alpha = \omega t$, y el flujo a través del aro sería

$$\Phi_1 = H s \cos \omega t.$$

La fórmula [4] demuestra que en el aro móvil aparece en esas condiciones una f. e. m. de inducción

$$e_1 = - \frac{d \Phi_1}{d t} = H s \omega \sin \omega t = E_o \sin \omega t.$$

La magnitud e_1 es, pues, una magnitud periódica sinusoidal.

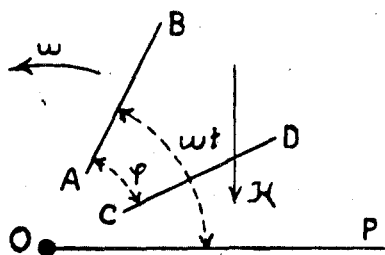


Fig. 3.

Si al mismo tiempo que el aro AB , se mueve en el campo H el aro idéntico CD , con la misma velocidad y alrededor del mismo eje y tal, que su plano forma un ángulo de φ radianes con el plano AB , el aro CD será atravesado, al cabo de t segundos de iniciarse el giro, por el flujo

$$\Phi_2 = H s \cos (\omega t - \varphi)$$

y la f. e. m. de inducción engendrada por el giro en el segundo aro, sería

$$e_2 = - \frac{d \Phi_2}{d t} = H s \omega \cos (\omega t - \varphi) = E_o \cos (\omega t - \varphi),$$

de suerte que la magnitud e_2 es también sinusoidal.

La amplitud de ambas f. e. m. es la misma E_o ; la misma también la pulsación ω y únicamente difieren en la fase, puesto que la segunda está retardada en φ radianes con relación a la primera.

En este caso particular, la pulsación ω es igual a la velocidad angular del movimiento. Si T es el tiempo empleado en una vuelta, o en general, el período de la variación y f la frecuencia o número de períodos por segundo, siempre

$$\omega = \frac{2 \pi}{T} = 2 \pi f \quad [11].$$

Representaciones gráficas de las magnitudes sinusoidales.—La representación cartesiana de la figura 4, obtenida llevando en abscisas los tiempos y en ordenadas las magnitudes representadas, es menos usual

que la representación por vectores giratorios de la figura 5. En ésta, la amplitud de la magnitud e_1 que se trata de representar, se lleva sobre una recta OE_1 a partir de un origen O y formando el ángulo ωt con un eje X , tomado como origen de fases; del mismo modo se representaría la magnitud e_2 por una recta de longitud E_2 que forma el ángulo $\omega t - \rho$ con el eje X . Las fases se podrán tomar en cualquier sentido, pero es convenio general contarlas suponiendo positivo el sentido de la flecha. Los valores instantáneos que corresponden al tiempo t se obtienen en la representación vectorial de la figura 5, por una proyección sobre el eje Y normal al eje tomado como origen de fases, y basta, para obtener los que corresponden a otro instante cualquiera, suponer que los vectores representados giran, en el sentido positivo y alrededor del origen con una velocidad angular

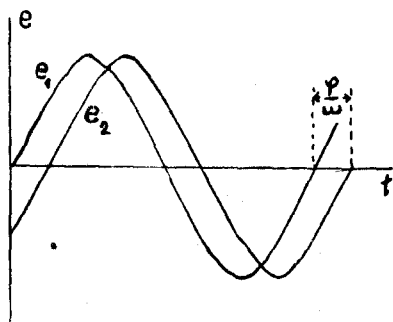


Fig. 4.

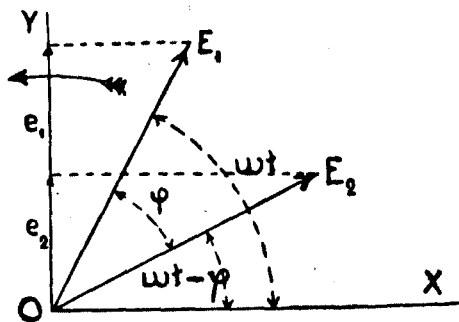


Fig. 5.

igual a la pulsación, y la proyección en cada instante sobre el eje Y , es el valor instantáneo buscado.

Con esta representación resultan extendidas a estas magnitudes las reglas operativas del cálculo vectorial, y se logrará así resolver gráficamente los problemas referentes a las mismas.

Valores eficaces de las magnitudes sinusoidales.—Una corriente variable por su paso a través de los conductores de un circuito, desprende en cada instante $d t$, un calor $i^2 R d t$; de suerte que en un período, la potencia media que por efecto Joule se transforma en calor es

$$W_i = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 R d t.$$

Ahora bien, si I representa el valor de una corriente continua tal que por su paso a través de la misma resistencia determina el mismo desprendimiento de calor y se pueda, por tanto, *substituir* para tal efecto a la corriente periódica dada, será

$$I^2 R = \frac{R}{T} \int_0^T i^2 dt$$

o bien

$$I^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt \quad [12].$$

Según esta fórmula, se define como *intensidad eficaz* de una corriente periódica un valor tal que su cuadrado es igual a la media de los cuadrados de los valores instantáneos de la corriente periódica durante un periodo. Esta definición se extiende a cualquier magnitud periódica.

En el caso de una magnitud sinusoidal, cuya amplitud sea A_0 , la aplicación de la fórmula [12] conduce a la igualdad

$$A = \frac{A_0}{\sqrt{2}}$$

que demuestra que, en ese caso, el valor eficaz buscado es igual a la amplitud del vector, dividido por $\sqrt{2}$.

Los valores eficaces son los que comunmente interesan en la práctica, pues de ellos depende el efecto térmico o la potencia de las corrientes periódicas. Además, los aparatos de medida dan siempre los valores eficaces, porque el equipo móvil de los mismos no puede seguir, por su inercia, la variación rápida del elemento medido y sus indicaciones son siempre proporcionales al cuadrado de dicho elemento (electrodinómetros, voltímetros electrostáticos, amperímetros térmicos, ...), y la traducción analítica de las condiciones de funcionamiento indicadas, conduce a la misma fórmula [12].

Es claro también que los gráficos vectoriales, como el de la figura 5, darán los valores eficaces, sin más que variar la escala en la relación de 1 a $\sqrt{2}$.

Influencia de la capacidad y de la autoinducción de los circuitos en el caso de corrientes periódicas.—Si suponemos que a través de un circuito pasa una corriente sinusoidal, $i = I_0 \sin \omega t$, y nos proponemos hallar la f. e. m. necesaria para que ese hecho se realice, es claro que tal f. e. m. aplicada ha de vencer la resistencia viscosa de los conductores del mismo R , la resistencia elástica del medio y la resistencia de inercia del mismo medio que son respectivamente funciones de los parámetros C y L .

1.º Caso en que sólo exista autoinducción en un circuito resistente.

La figura 6 representa el caso teórico en el cual sólo existe la autoinducción L y la resistencia R entre los terminales a y b del circuito representado.

Si e_1 es la f. e. m. necesaria para que la corriente i atraviese ese circuito, es claro que la f. e. m. de inducción e_i se unirá a la f. e. m. aplicada para vencer la resistencia R ; de esta suerte,

$$i = \frac{e_1 + e_i}{R}.$$

Pero de las fórmulas [4] y [5], se deduce el valor de e_i cuando sólo varía el flujo propio del circuito por la variación de la corriente, y de la igualdad anterior se obtiene el valor buscado

$$e_1 = Ri + L \frac{di}{dt} \quad [13]$$

en la que sustituyendo i por su valor, se tendrá

$$e_1 = RI_0 \sin \omega t + \omega LI_0 \cos \omega t = RI_0 \sin \omega t + \omega LI_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad [14].$$

La magnitud e_1 es también *periódica*, por consecuencia, y su valor se obtendría en el gráfico de la figura 7 sumando geoméricamente el vector $R I_0$.

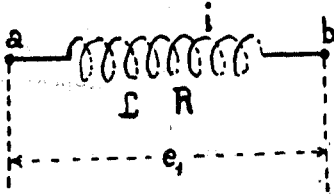


Fig. 6.

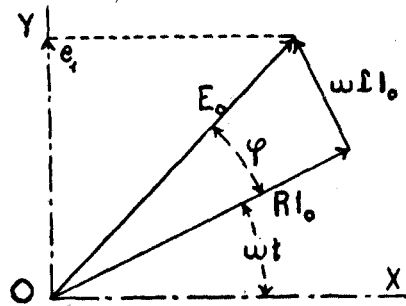


Fig. 7.

cuya fase es la misma de la corriente dada, y el vector $\omega L I_0$ que está *avanzado* en $\frac{\pi}{2}$ radianes con relación a la corriente. El vector resultante $O E_0$ resulta avanzado en φ radianes con relación a la corriente y su valor instantáneo es

$$e_1 = E_0 \sin (\omega t + \varphi),$$

en cuya fórmula

$$E_0 = \sqrt{R^2 I_0^2 + \omega^2 L^2 I_0^2} = I_0 \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2},$$

y el valor de φ viene determinado por la relación

$$\operatorname{tag} \varphi = \frac{\omega L I_0}{R I_0} = \frac{\omega L}{R} \quad [15]:$$

del valor de E_0 se obtiene, dividiendo por $\sqrt{2}$, la relación entre los valores eficaces

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \quad [16].$$

Resulta de lo anterior, que si se invierten los términos del problema y al circuito de la figura 6 se le aplica una f. e. m. sinusoidal $e = E_0 \sin \omega t$ resulta a través del mismo la corriente

$$i = I_0 \sin (\omega t - \varphi),$$

retardada en φ radianes con relación a la f. e. m. aplicada y con los mismos valores [15] y [16] para la determinación de las fases y relación entre los valores eficaces.

2.º *Caso de existir solas la resistencia y la capacidad en el circuito.*

La figura 8 contiene este caso, suponiendo también que la capacidad está *concentrada* en un solo punto del circuito (condensador $A B$).

En el caso actual, la f. e. m. aplicada deberá ser igual en cada instante a la caída de tensión debida a la resistencia óhmica o resistencia viscosa, aumentada en la diferencia de potencial existente entre los terminales del condensador, debida a la carga variable del mismo, es decir,

$$e_2 = R i + e_c.$$

Pero la diferencia de potencial entre las armaduras de un condensador es igual a la relación entre la carga y la capacidad del mismo

$$e_c = \frac{q}{C},$$

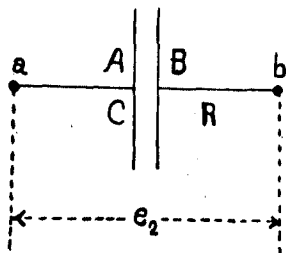


Fig. 8.

y también en cada instante

$$i = \frac{d q}{d t}$$

o sea

$$\int_{q_0}^q d q = q - q_0 = \int_0^t I_0 \operatorname{sen} \omega t d t = -\frac{I_0}{\omega} (\cos \omega t - 1),$$

y suponiendo que la carga q_0 en el origen de tiempos sea la que corresponde al régimen permanente (1)

$$q_0 = -\frac{I_0}{\omega},$$

será

$$e_e = -\frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t,$$

y la f. e. m. buscada

$$e_2 = R I_0 \operatorname{sen} \omega t - \frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t = R I_0 \operatorname{sen} \omega t + \frac{I_0}{\omega C} \operatorname{sen} \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) [17].$$

Como antes, el gráfico de la figura 9 da el valor del vector, componiendo el $R I_0$, en fase con la corriente, y $\frac{I_0}{\omega C}$, retardado en $\frac{\pi}{2}$ radianes con relación a aquélla. Del gráfico citado se obtiene la relacion entre los valores eficaces

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} \right)^2}}; \quad [18]$$

el valor instantáneo, proyección de E_0 sobre el eje Y ,

$$e_2 = E_0 \operatorname{sen} (\omega t - \varphi)$$

(1) Al empezar la corriente, a través del circuito existe un *periodo variable* que la discusión analítica presentaría en forma de un sumando exponencial con exponente negativo, es decir, *decreciente* con gran rapidez en el tiempo y que desaparece en el régimen permanente.

con el valor de la tangente de la diferencia de fase entre la f. e. m. y la corriente,

$$\operatorname{tag} \varphi = \frac{-\frac{I_0}{\omega C}}{R I_0} = -\frac{1}{\omega C R} \quad [19].$$

Si los términos del problema se invierten, se obtiene a semejanza del caso anterior, una corriente *avanzada* en φ radianes con relación a la f. e. m. aplicada.

3.º Caso general.

Si el circuito contiene a la vez autoinducción y capacidad, el valor

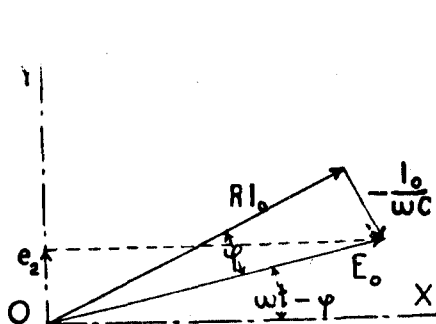


Fig. 9.

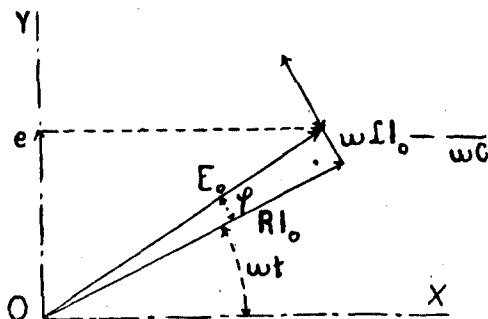


Fig. 10.

de la f. e. m. aplicada habría de ser, según las fórmulas [14] y [17],

$$e = R I_0 \operatorname{sen} \omega t + \left(\omega L I_0 - \frac{I_0}{\omega C} \right) \operatorname{sen} \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right), \quad [20]$$

expresión que conduce al gráfico de la figura 10. Este diagrama proporciona las siguientes constantes: relación entre los valores instantáneos

$$i = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} \operatorname{sen} \omega t;$$

$$e = E_0 \operatorname{sen} (\omega t + \varphi);$$

relación entre los valores eficaces:

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}; \quad [21]$$

valor de la tangente del ángulo de fase entre la f. e. m. y la corriente:

$$\text{tag } \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \quad [22]$$

que conduce a un adelanto o retardo de la f. e. m. aplicada sobre la corriente, según que predomine la autoinducción o la capacidad. Estas constantes físicas producen por tanto, efectos opuestos, por cuanto una tiende a que la f. e. m. avance sobre la corriente y la otra tiende a producir el efecto contrario. Ambas determinan una *reducción* en la corriente respecto de la que sería si no existiera ni autoinducción ni capacidad, como se deduce de las fórmulas [16], [18] y [21] en comparación con la relación de Ohm $I = \frac{E}{R}$; producen por tanto *un aumento aparente en*

la resistencia de los conductores. La expresión radical que figura en la fórmula [21] se nombra por esto, *resistencia aparente o impedancia*, y se nombra *reactancia total* del circuito o simplemente *reactancia*, a la diferencia $\omega L - \frac{1}{\omega C}$. El valor ωL se llama *reactancia de autoinducción o inductancia*, y al $\frac{1}{\omega C}$ se la llama *reactancia de capacidad o capacitancia*.

Alteración de las resistencias, cuando la frecuencia de la corriente es elevada.—Por un fenómeno particular, nombrado efecto Kelvin, las corrientes variables se concentran en la masa de los conductores próxima a la superficie de los mismos.

En la figura 11 se ha trazado una sección normal al eje de un conductor cilíndrico grueso y se han representado en *a* y *b* las secciones de dos conductores elementales de los que, por su reunión, podemos suponer que constituyen el conductor considerado. Al aplicar una f. c. m. periódica a los extremos del cilindro, resultan *en derivación* todos los elementos *a, b, ...* del conductor, y las corrientes a través de tales elementos estarán en razón inversa de la *impedancia* de los mismos. Pero la impedancia de los elementos próximos al eje del conductor, como el *a*, es siempre *mayor* que la impedancia de los que están lejos del eje, como el *b*, puesto que las líneas de fuerza del campo magnético propio de la co-

rriente, representadas de puntos en la figura, envuelven en mayor número al elemento a que al elemento b , y como el coeficiente de autoinducción de los mismos es precisamente el número de las citadas líneas cuando la corriente es unidad, resulta que la impedancia elemental

$$\sqrt{r_1^2 + \omega^2 L_1^2}$$

aumenta hacia el centro, por el valor creciente de L_1 .

Este efecto tiene una importancia tanto mayor cuanto mayor sea la frecuencia, que es proporcional a ω , cuanto mayor sea la permeabilidad, pues L_1 aumenta con ella, y cuando aumenta la sección del conductor. Desde luego su importancia es nula en la práctica con conductores no magnéticos y frecuencias corrientes en la industria, pero con las corrientes de alta frecuencia empleadas en Telegrafía sin hilos, adquiere una influencia decisiva.

El estudio teórico de la distribución de las corrientes en un conductor cilíndrico, proporcional como valor de la densidad de corriente a una distancia x de la superficie del conductor, el de

$$i_x = I_0 e^{-\alpha x} \sin(\omega t - \alpha x), \quad (1) \quad [23]$$

con la condición de que la densidad en la misma superficie tenga el valor

$$i_s = I_0 \sin \omega t,$$

y representando por α una constante

$$\alpha = \sqrt{\frac{2 \pi \mu \omega}{\rho}}$$

que depende de la resistividad y permeabilidad del conductor y pulsación de la corriente.

La fórmula [23] demuestra que conforme aumenta la distancia x entre la superficie y el punto de la sección que se considera, la amplitud de la densidad, $I_0 e^{-\alpha x}$, disminuye muy rápidamente y el retardo de

(1) C. Tissot *Les oscillations electriques*, París, 1910, páginas 199 y siguientes.

fase con la densidad superficial, aumenta también con rapidez. La profundidad a la cual la amplitud de la densidad de la corriente se reduce a la *enésima* parte de la amplitud superficial, se calcula fácilmente puesto que

$$\frac{1}{n} = \frac{I_0 e^{-\alpha x}}{I_0},$$

de suerte que la profundidad buscada será

$$x = \frac{\log_e n}{\alpha} = \log_e n \sqrt{\frac{\rho}{2 \pi \mu \omega}} \quad [24]$$

que demuestra que la distancia x está en razón inversa de la raíz cuadrada de la pulsación.

Por ejemplo, para $n = 100$, el espesor x , si la frecuencia de la oscilación es de 10^6 periodos por segundo, es

$$x = 0,029 \text{ centímetros}$$

y si la frecuencia fuera de 10^8 periodos por segundo,

$$x = 0,0029 \text{ centímetros.}$$

Resulta de esto, que cuando las frecuencias tienen los valores indicados, la misma pérdida en efecto Joule resultaría con un conductor cilíndrico de gran sección que con un tubo del mismo diámetro, en cuanto el espesor de las paredes del tubo fuera una fracción de milímetro. El valor de la resistencia R_a ya no se determina por la fórmula simple $R = \rho \frac{l}{s}$ sino que, según una expresión establecida por lord Rayleigh

$$R_a = \frac{\alpha \rho l}{\pi d} \quad [25]$$

en la que d es el diámetro del conductor considerado. Generalmente la fórmula [25] se presenta relacionando las resistencias R_a y R ;

$$\frac{R_a}{R} = \frac{\pi d}{2} \sqrt{\frac{\mu f}{\rho}} \quad [26]$$

que demuestra que la relación escrita *crece proporcionalmente al diámetro*.

Si el conductor fuera de cobre, en la fórmula [26] habría que sustituir *1600* en vez de ρ , y la unidad en vez de μ , de suerte que la relación escrita sería

$$\frac{R_a}{R} = \frac{\pi d}{80} \sqrt{f}.$$


Por ejemplo, un conductor de cobre de 2 milímetros de diámetro y 1 metro de longitud, tendría una resistencia para alta frecuencia

$$R_a = 0,042 \text{ ohmios,}$$

y la relación [26] sería

$$\frac{R_a}{R} = 7,85.$$

Si el diámetro se multiplica por 10 ($d = 2$ centímetros), R_a se divide por 10, en tanto que R se divide por 100, y la relación [26] para el nuevo diámetro se convierte en

$$\frac{R_a}{R} = 78,5.$$




Generación de las oscilaciones electromagnéticas.

Frecuencia y longitud de onda de las oscilaciones.—Un concepto claro de las oscilaciones eléctricas o electromagnéticas empleadas para la comunicación en Telegrafía sin hilos, se obtiene simplemente. Las tensiones etéreas especiales que constituyen los campos eléctrico y magnético, según la imagen establecida en un artículo anterior, sufren cambios periódicos en cada punto de espacio y se propagan progresivamente en el medio, alejándose del centro de perturbación: estos cambios equivalen a la propagación de una variación periódica de los vectores de la intensidad eléctrica y de la intensidad magnética que en cada punto definen el campo electromagnético, y se presenta la particularidad de que estos vectores son constantemente *normales* a la dirección de propagación en todos los puntos, es decir, que la propagación de las perturbaciones electromagnéticas del éter se realiza por ondas *transversales*.

También la luz se considera hoy propagada a costa de variaciones periódicas en las tensiones del éter que llenan el espacio ocupado por los medios transparentes, y también se encuentra que dicho éter *vibra* transversalmente en este caso. Esta transmisión transversal es también la que permite el paso del calor *por radiación* de un cuerpo a otro.

En suma, que las ondas electromagnéticas, son *vibraciones transversales* del éter, *idénticas* a las que transmiten la luz y el calor, de las cuales sólo difieren las ondas eléctricas en su longitud, que *es mucho mayor*.

Resulta de esta identidad, que la velocidad de propagación es la misma en el vacío, $v_1 = 3 \times 10^{10}$ centímetros por segundo, y en general será muy elevada en un medio cualquiera. La longitud de onda λ de las oscilaciones utilizadas para la transmisión en Telegrafía, varía de algunos centenares a algunos millares de metros, y de esta manera la *frecuencia de la oscilación* f , o número de oscilaciones por segundo, es siempre muy elevado,

$$f = 100.000, 1.000.000, \dots ;$$

puesto que si este número se multiplica por la longitud λ de la onda, se

ha de obtener el espacio recorrido en el segundo o sea la velocidad

$$v = \lambda f \quad \text{de la cual} \quad \lambda = v T \quad [27]$$

teniendo en cuenta la relación $f = \frac{1}{T}$, en la que T es el *período* de la oscilación. La fórmula [27] demuestra lo indicado sin más que substituir, por ejemplo, en vez de v y γ los valores 3×10^{10} centímetros por segundo y 100.000 centímetros.

Medio general para engendrar las ondas electromagnéticas.—Es claro que si logramos producir una f. e. m. alternativa de la frecuencia necesaria, su aplicación a un sistema determinado producirá corrientes de conducción o desplazamiento rápidamente variables, y con ellas se obtiene el campo electromagnético variable que actuará sobre el medio, si las circunstancias son apropiadas, y determinará la propagación de las ondas por el mecanismo antes indicado.

Uso de las máquinas de inducción como generadores de ondas.—Los valores de las frecuencias industriales son sólo de algunas decenas de períodos por segundo para cuyas frecuencias se acomodan bien los alternadores, máquinas de inducción que sirven para producir las corrientes alternativas ordinarias. Para las altas frecuencias que nos son necesarias en Telegrafía, son todavía inadecuadas tales máquinas, como se concibe por cuanto la frecuencia de su f. e. m. la consiguen gracias a la velocidad de sus órganos móviles, y tal velocidad tiene un límite, imposible de rebasar, impuesto por la seguridad mecánica de los órganos (1).

Descargas oscilantes de los condensadores.—Inútiles hasta el presente las máquinas de inducción, el medio universalmente empleado para engendrar las oscilaciones electromagnéticas de alta frecuencia, es la *descarga oscilante* de un condensador.

Sea el sistema eléctrico *con condensador* de la figura 12 y supongamos que la f. e. m. E aplicada a los puntos a y b sea tal que el potencial de a sea mayor que el de b . El efecto de esa f. e. m. en los primeros instantes es simplemente producir una corriente i_1 que sucesivamente aumenta la carga del condensador C al mismo tiempo que crece la diferencia de potencial entre sus armaduras. Los tubos etéreos de tensión en el interior de su dieléctrico aumentan su tensión longitudinal y su número

(1) En la actualidad se persigue el aprovechamiento de ciertas *armónicas* de orden superior de las f. e. m. producidas por las máquinas de inducción, *amplificadas por resonancia*, para llegar a frecuencias útiles. Que sepamos nada definitivo se ha logrado todavía por estos medios.

por unidad de sección, por lo cual aumenta también la presión transversal que entre ellos existe. En tanto que el fenómeno de la carga del condensador tiene lugar, la diferencia de potencial entre los electrodos del saltador S es insuficiente para vencer la rigidez dieléctrica del medio interpuesto entre aquellos electrodos.

Si al mismo tiempo constituimos el sistema material de la figura 13, en el cual un fluido incomprensible llena los cuerpos de bomba y tubos representados y al émbolo E se le supone sucesivamente empujado en el sentido de la flecha 1, es claro que los resortes r_1 y r_2 del cuerpo de bomba C (dividido en dos partes por un tabique móvil al que se fija un extremo de cada resorte) se pondrán en tensión, comprimido el r_2 y extendido el r_1 , en tanto que el tabique fijo S mantenga la incomunicación

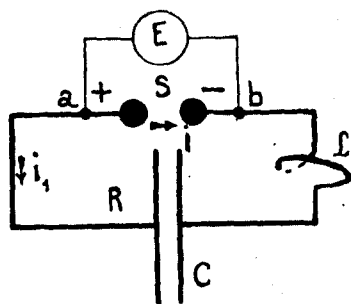


Fig. 12.

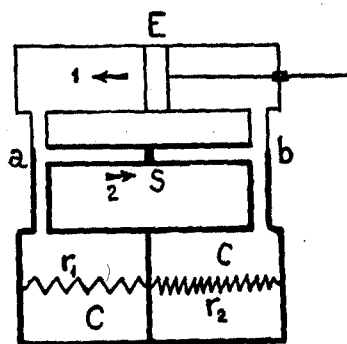


Fig. 13.

de las dos partes a y b del tubo $a b$. A la presión en la parte a del fluido habrá que restar el efecto de las tensiones elásticas de los resortes para obtener la presión en la parte b ; y esta diferencia de presiones, que crece cuando el émbolo E se aproxima al final de su curso, es contrarrestada por la resistencia mecánica del tabique fijo S .

En el sistema de la figura 12 llegará un instante en el cual se romperá la cohesión del medio en el saltador S ; y desde tal instante, se establecerá una corriente i , con el sentido marcado, que descargará al condensador y hará que los resortes hipotéticos existentes en su dieléctrico vuelvan al equilibrio primero. En la figura 13 se puede traducir ese hecho por la rotura del tabique S o por la apertura de una llave de paso que haga comunicar entre sí las partes a y b del tubo $a b$; y la energía elástica almacenada en los resortes r_1 y r_2 producirá movimientos en la masa del fluido contenida en el cuerpo de bomba C y en los tubos a, S y b hasta volver al equilibrio del principio.

En ambos casos los fenómenos siguientes a la rotura del medio S dependen sólo de los sistemas $C a S b C$, de suerte que el manantial E que alimenta el condensador de la figura 12 no interviene en el fenómeno de la descarga de ese elemento, lo mismo que el cuerpo de bomba E en la figura 13 no interviene en los movimientos que vuelven al equilibrio los resortes r_1 y r_2 .

En la figura 13 el movimiento que adquiere el fluido es *periódico siempre que sea suficientemente pequeña la resistencia opuesta por el rozamiento de la parte móvil contra las paredes*. La energía potencial almacenada por los resortes produce un movimiento acelerado y se transforma sucesivamente en *energía cinética* de las masas en los primeros instantes. En cuanto por la inercia de las masas móviles se rebasa el punto del equilibrio primero, la energía cinética se transforma otra vez progresivamente en energía potencial en los resortes, de suerte que el movimiento se retarda hasta anularse. Inmediatamente vuelve a empezar el movimiento en sentido contrario, reproduciéndose los mismos cambios en la forma de la energía. Tales ciclos seguirían indefinidamente si los rozamientos no transformasen en cada uno de ellos una parte de la energía en calor durante el movimiento, terminando por absorber en esas pérdidas toda la energía de que al principio se disponía en los resortes. En suma, el movimiento es *oscilatorio y amortiguado* y la amplitud de cada oscilación disminuye progresivamente hasta anularse cuando las masas móviles llegan al primitivo equilibrio.

Estos hechos *forman la imagen* de los fenómenos que tienen lugar en el sistema de la figura 12. La energía potencial electrostática $\frac{1}{2} C V^2$ almacenada en el medio dieléctrico del condensador, que hemos considerado como la energía potencial de un sistema elástico, se transforma por la descarga en energía magnética potencial $\frac{1}{2} L i^2$, que crece progresivamente con la intensidad i hasta un máximo tal que toda la energía electrostática está convertida en energía magnética, máximo que coincide con el instante en que es nula la diferencia de potencial entre las armaduras del condensador. La descarga a través del saltador S no termina por eso *si la resistencia R de los conductores es pequeña*, sino que, en virtud de la inercia electromagnética, la corriente prosigue en el mismo sentido, cargando de nuevo el condensador, cuyas armaduras adquieren polaridad contraria a la primitiva hasta que toda la energía magnética potencial del medio queda de nuevo almacenada en el dieléctrico del condensador en forma de energía potencial electrostática. Inmediatamente vuelve la corriente a establecerse en el sentido opuesto, reproduciéndose

los mismos cambios en la forma de la energía. Y tales ciclos de variación se reproducirían también indefinidamente si el efecto Joule y otras pérdidas que luego indicaremos, no originasen una transformación continua de la energía del sistema en calor, lo cual produce al cabo de pocas oscilaciones que la diferencia de potencial entre los electrodos del saltador no sea suficiente para vencer la rigidez dieléctrica del mismo, y la descarga se termina.

En suma, *una oscilación electromagnética amortiguada se produce en el sistema*, caracterizada por las transformaciones periódicas de la energía potencial electrostática en energía potencial magnética y recíprocamente: *un campo magnético oscilante amortiguado* existe durante la descarga en el medio que rodea los conductores del sistema; *un campo eléctrico, también oscilante y amortiguado* se produce entre las armaduras del condensador, y *una corriente oscilante y amortiguada* recorre los conductores del circuito, formando el conjunto de todos estos fenómenos la *oscilación electromagnética amortiguada* que hemos citado.

La teoría de la descarga oscilante ha sido desarrollada por Helmholtz y Kelvin que han obtenido para el valor de la intensidad periódica después de un tiempo t de iniciarse la descarga, el valor

$$i = \frac{q_0}{\omega C L} e^{-\frac{t}{2\tau}} \sin \omega t \quad [28],$$

en la cual q_0 es la carga inicial del condensador, τ es una constante nombrada *constante de tiempo* del circuito e igual a la relación $\frac{L}{R}$ entre la autoinducción y resistencia del mismo, y ω la pulsación que tiene el valor

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{CL} - \frac{R^2}{4L^2}} = \sqrt{\frac{1}{CL} - \frac{1}{4\tau^2}} \quad [29].$$

Además, la resistencia R se supone constante mientras dura la descarga, y su valor ha de ser bastante pequeño para que sea real el radical [29]. En general, en la práctica es muy pequeño el valor de R , y se prescinde del substraendo de la cantidad subradical del valor de ω , de suerte que

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{1}{CL}} \quad \text{y} \quad T = 2\pi\sqrt{CL}; \quad [30]$$

fórmula importante debida a Thomson, que proporciona el valor del *período* de la oscilación electromagnética *propia* del sistema.

La figura 14 es la representación gráfica de la intensidad oscilante y amortiguada dada por la fórmula [28]. Los pasos por cero de esta intensidad (puntos A, B, \dots) se obtienen igualando a cero el seno que figura en la fórmula [28], es decir, que corresponden a los tiempos

$$t = 0, \frac{\pi}{\omega}, \frac{2\pi}{\omega}, \dots;$$

y el *periodo*, o longitud de abscisa comprendida entre dos pasos por cero tales como los A y C o los B y D , será

$$T = \frac{2\pi}{\omega} - 0 = \frac{2\pi}{\omega},$$

de cuya fórmula se llega directamente a la [30].

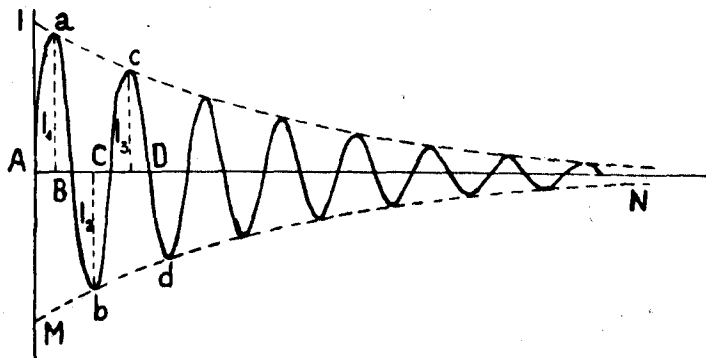


Fig. 14.

Los valores máximos sucesivos I_1, I_2, \dots , se obtendrán igualando a cero la derivada $\frac{di}{dt}$ de la intensidad, y esto conduce a la condición

$$\operatorname{tang} \omega t = \operatorname{tang} (\omega t - n\pi) = \frac{2\omega L}{R},$$

siendo n un número entero y positivo cualquiera. De esta condición resultan las abscisas que corresponden a los máximos positivos o negativos buscados dando a n los valores enteros a partir de cero

$$t_1 = \frac{1}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{2\omega L}{R}; \quad t_2 = \frac{1}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{2\omega L}{R} + \frac{\pi}{\omega} = t_1 + \frac{\pi}{\omega} \dots; \quad t_{n+1} = t_1 + \frac{n\pi}{\omega};$$

de suerte que los máximos sucesivos distan, según la abscisa, la cantidad constante $\frac{\pi}{\omega}$, y sus valores son

$$I_1 = \frac{q_0}{\sqrt{CL}} e^{-\frac{t_1}{2\tau}}; \quad I_2 = I_1 e^{-\frac{\pi}{2\tau\omega}}; \quad I_3 = I_1 e^{-2\frac{\pi}{2\tau\omega}} \dots [31].$$

En las fórmulas [31] se observa que los máximos decrecen en progresión geométrica, decrecimiento que expresamos diciendo que las oscilaciones *se amortiguan*. El amortiguamiento *se mide* por el logaritmo neperiano de la relación existente entre dos máximos sucesivos y del mismo sentido de la intensidad, como los I_1 e I_3 , número llamado *decrecimiento* de las oscilaciones:

$$\delta = \log_e \frac{I_1}{I_3} = \frac{2\pi}{2\tau\omega} = \frac{T}{2\tau} = \frac{R}{2L} T \quad [32].$$

El valor exacto del período en función del decrecimiento, se determina por las fórmulas [29] y [32]:

$$T = 2\pi\sqrt{CL} \sqrt{1 + \left(\frac{\delta}{2\pi}\right)^2} \quad [33]$$

de suerte que la fórmula de Thomson [30] supone que el decrecimiento es nulo.

Para el cálculo de las longitudes de onda *propias* de los circuitos, según las fórmulas [27] y [30], es preciso emplear unidades homogéneas para medir L y C . Normalmente L se mide en unidades C. G. S. electromagnéticas (centímetros) y C en microfaradios, unidad mucho mejor acomodada al valor de las magnitudes corrientes que la C. G. S. electromagnética. Si la capacidad del circuito es de C *microfaradios*, su valor numérico en unidades C. G. S. electromagnéticas, es $C \times 10^{-15}$, y la longitud de onda valdrá

$$\lambda = 3 \times 10^{10} \times 2\pi \sqrt{CL 10^{-15}} \text{ cm.} = 59,6 \sqrt{CL} \text{ metros.} \quad [34]$$

Valores prácticos del decrecimiento.—El valor teórico del decrecimiento dado por la fórmula [32], supone que la sola causa de pérdida de energía es el efecto Joule producido por el paso de la corriente a través de la resistencia constante R .

La resistencia R en los circuitos con chispa como el de la figura 12 está lejos de ser constante, pues esta resistencia depende de la temperatura y constitución de la atmósfera gaseosa a través de la que tiene lugar la descarga, y ambos elementos son variables durante la misma; la temperatura que antes y después de la descarga, es la del ambiente, adquiere valores elevadísimos mientras dura la corriente; y en la atmósfera gaseosa se encuentran también partículas metálicas procedentes de los electrodos del saltador cuando la corriente pasa, las cuales no existen antes ni después.

Además del efecto Joule, se registran otras pérdidas que pueden alcanzar valores muy elevados y aumentar por ello en gran medida el amortiguamiento.

Entre tales pérdidas se encuentran las que originan las *corrientes parásitas* en las masas metálicas sometidas a un campo magnético tan rápidamente variable, y que suelen denominarse corrientes de *Foucault*.

Se disminuye esta pérdida, disponiendo las superficies de los cuerpos metálicos de modo que sean normales a la dirección de las f. e. m. de inducción que en su masa puedan originarse, y formando aquéllos cuyas dimensiones lo requieran, de varias hojas, que también deben acolarse del modo conveniente para que interrumpan las corrientes parásitas, cuidando de colocar entre ellas otras hojas de papel aislador, o simplemente oxidando las superficies para que la capa de óxido interrumpa la comunicación eléctrica entre cada dos de aquéllas.

Es también *indispensable* evitar el empleo de cualquier metal magnético, cuya permeabilidad elevada aumentaría las corrientes parásitas, y que además, determinaría pérdidas mucho mayores por el conocido fenómeno de la *histéresis magnética*.

Por último, existen en los circuitos con condensador un nuevo orden de pérdidas que dependen de este elemento. Las tensiones elevadas que en los circuitos con saltador son indispensables para que la descarga se inicie, determinan que entre las armaduras del condensador aparezcan *efluvios*, visibles en la obscuridad, sobre todo en los bordes de las armaduras, y que son una causa de pérdida de la energía del sistema. Además, con los *dieléctricos impuros*, como el vidrio ordinario, se nota un *fuerte calentamiento* en la masa aisladora que naturalmente se alimenta a espensas de la energía de la descarga y produce un aumento en el decrecimiento. Este fenómeno es análogo al de la *histéresis magnética* a que antes nos hemos referido y se suele nombrar *histéresis dieléctrica* y con más propiedad, *histéresis viscosa* de los dieléctricos. El aire seco está completamente libre de esta pérdida, y la presentan muy pequeña ciertos vidrios especiales, como el *flint*. Las pérdidas por esta causa aumen-

tan también con la diferencia de potencial a la cual llegan las armaduras.

El fenómeno de la histéresis dieléctrica influye en el valor de la capacidad, que disminuye cuando la frecuencia aumenta. Se puede tener en cuenta esta disminución de la capacidad electrostática por un factor nombrado *factor de frecuencia*, que alcanza fácilmente valores iguales a 0,8 y menos.

El fenómeno de Kelvin, cuyo efecto es alterar la distribución de la corriente en la masa de los conductores, varía también el valor de la autoinducción de un circuito, de suerte que cuando este coeficiente intervenga, es preciso emplear el que corresponde a las corrientes de alta frecuencia.

De las indicaciones anteriores se deduce que no se debe conceder ningún valor práctico a la relación [32], y en el cálculo de los decrecimientos es necesario atenerse al resultado de medidas especiales.

En cuanto al valor relativo de las diferentes pérdidas, es muy variable con el sistema de circuito oscilante y con la disposición adoptada dentro del mismo. En general, el efecto Joule en todo el circuito es despreciable al lado de la pérdida en el saltador, de suerte que en los circuitos donde no haya el último elemento (como en los circuitos de antena), influirá muy poco en el valor del decrecimiento. Las pérdidas en las corrientes parásitas serán siempre mínimas con una disposición bien estudiada. Por fin, las pérdidas en el condensador tendrán importancia en los circuitos con chispa, en los cuales los potenciales son elevados, y cuando no se hayan elegido convenientemente los materiales que constituyen el dieléctrico; en otros casos esta pérdida aumenta también escasamente el decrecimiento propio del circuito.

Relación entre las amplitudes del potencial y de la intensidad en la descarga oscilante.—El potencial, al iniciarse la oscilación, será el máximo e igual a la relación entre la carga q_0 del condensador y su capacidad:

$$V_0 = \frac{q_0}{C},$$

y la relación entre la amplitud I de la fórmula [31] y V_0 será el valor buscado

$$\frac{I}{V} = \sqrt{\frac{C}{L}} e^{-\frac{t_1}{2\tau}};$$

y suponiendo que la exponencial sea la unidad, valor que en la práctica es muy próximo al verdadero:

$$\frac{I}{V} = \sqrt{\frac{C}{L}} \quad [35],$$

fórmula de gran importancia, y que demuestra que *la amplitud de la corriente oscilatoria aumenta cuando aumenta la capacidad y disminuye la autoinducción del sistema.*

Número de descargas oscilantes.—Hemos indicado ya, que el papel del generador del que se obtiene la f. e. m. E en la figura 12, se reduce a proporcionar la corriente de desplazamiento para la carga del condensador y que no interviene en la descarga oscilante. Este hecho se explica sencillamente porque el camino del saltador presenta una impedancia mínima a la descarga, en tanto que el circuito que se cierra a través de la máquina de inducción, que sirve de generador, presentará una impedancia elevadísima, dada la gran frecuencia de la descarga y por la ley de las corrientes derivadas, resultará ese camino atravesado por una fracción completamente inapreciable de la corriente oscilatoria.

Por otro lado, el número de períodos de *una* descarga en un circuito con saltador, siempre es bastante pequeño, dado el amortiguamiento grande que tales circuitos presentan, y por ello la duración de una chispa oscilante es mínima. Si la frecuencia es igual a 10^6 ($\lambda = 300$ metros) por ejemplo, y el número de oscilaciones de la chispa es 10, el tiempo empleado en la descarga es de *una cienmilésima de segundo.*

Por otro lado, la corriente de desplazamiento salida del generador, tarda en cargar el condensador al potencial necesario para que una nueva chispa se produzca en el saltador, un tiempo variable con la separación y forma de los electrodos del mismo y naturaleza del medio y forma de la f. e. m. del generador (que puede ser una máquina de corriente continua o alternativa), pero siempre, si no se emplean artificios especiales, el tiempo empleado es del orden de *las centésimas o milésimas de segundo, sin que este tiempo sea tampoco el mismo entre todas las descargas sucesivas.* Por lo tanto, si se quieren representar en la figura 15 dos descargas sucesivas sobre el mismo eje de tiempos, es preciso que la longitud BC sea de *ciento a mil y más veces mayor* que la AB . Esto explica el nombre de *chispas raras* que reciben las descargas de un sistema como el de la figura expresada.

Fundamento de la transmisión con chispas sonoras.—El esquema de la comunicación radiotelegráfica por medio de los puntos y rayas del alfabeto Morse, consiste en *perturbar* el medio existente entre la estación emisora y la receptora, perturbación que alcanzará a la segunda y se traduce en una vibración de la membrana de un teléfono que en ella sirve de receptor: cada *tren de ondas*, como el AB de la figura 15, produce así

un sólo movimiento en la membrana telefónica, pues ésta, cuando se inicia la oscilación, se separa de su posición de equilibrio, y vuelve a ella cuando la oscilación cesa, y esto se repite en tanto que el manipulador de la estación transmisora se mantiene en la posición de trabajo. El sonido que la membrana produce y que es el que oye el empleado que recibe el despacho, dura un tiempo corto o largo según sea un punto o una raya la señal transmitida, pero siempre tiene un número de vibraciones igual al de chispas oscilantes producidas por el generador de ondas en ese tiempo; y será un *ruido* cuando los intervalos *BC* sean diferentes, en tanto que el sonido será puro o *musical* cuando estos intervalos sean perfectamente iguales, siempre que el número de chispas oscilantes esté comprendido dentro de los límites de las alturas o frecuencias de los so-

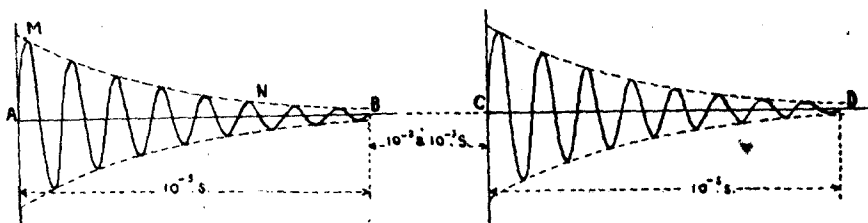


Fig. 15.

nidos que es capaz de percibir el oído humano (las frecuencias más favorables para la percepción están comprendidas entre 800 y 1.200 periodos por segundo).

La condición necesaria para obtener la chispa sonora no será otra, por tanto, que la de *igualdad de los espacios de tiempo comprendidos entre las descargas sucesivas*. Este resultado se consigue por diferentes medios que son independientes en cierto modo del generador de ondas propiamente dicho.

Generador de oscilaciones débilmente amortiguadas.— El generador simple de chispas raras se presta mal para obtener la *sintonía* entre el emisor y el receptor, *dado el gran amortiguamiento de sus oscilaciones*. Este inconveniente se remedia con una disposición especial, debida a Wien, nombrada *excitación por impulsión*, que consigue hacer muy pequeño el decrecimiento del sistema generador.

Para formar concepto claro de la disposición de Wien es indispensable dar una rápida noción *del acoplamiento entre los circuitos y de la condición de resonancia* de los mismos.

Acoplamiento de los circuitos oscilantes.— Dos circuitos oscilantes, como los 1 y 2 de la figura 16, tales, que una oscilación existente en uno

de ellos determine en el otro otra corriente oscilante, se dice que están acoplados. Para que se realice la condición necesaria para el acoplamiento, basta con que ambos circuitos tengan común una parte de su resis-

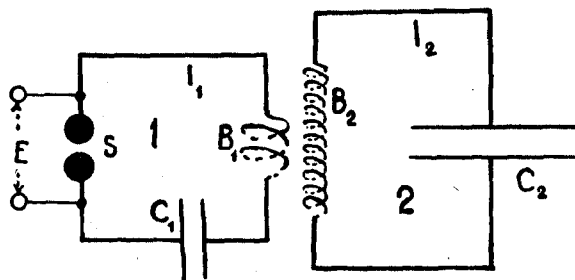


Fig. 16.

tencia óhmica, de su resistencia elástica (condensadores con medios dieléctricos comunes) o de su resistencia de inercia (bobinas o partes de bobinas comunes o situadas de modo que sus campos magnéticos propios ejerzan una acción mutua determinada).

En la figura 16, se trata precisamente del último caso, y la bobina B_1 del circuito *primario* 1, actúa sobre la bobina B_2 del circuito *secundario* 2 y recíprocamente, de modo semejante a como actúan entre sí los arrollamientos primario y secundario de un transformador: la variación del campo magnético que la corriente variable del circuito 1 produce a tra-

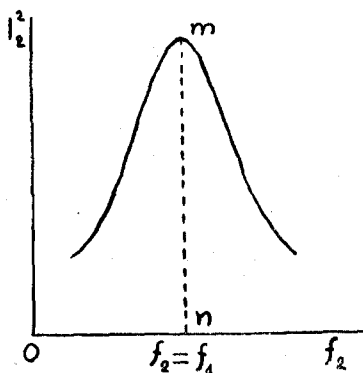


Fig. 17.

vés de la bobina B_2 , da origen en ésta a una f. e. m. de alta frecuencia, que se aplica al circuito 2 y produce a través de este circuito otra corriente oscilatoria de alta frecuencia.

El fenómeno que de este modo se origina es sumamente complejo, porque la corriente oscilatoria del circuito 2, vuelve a accionar sobre el circuito 1 y altera la corriente *propia* de éste. Es posible, a pesar de ello, formar conceptos precisos, estableciendo ciertas condiciones preliminares que deben cumplir los circuitos acoplados que se estudian.

La primera condición que estableceremos es la de que los circuitos indicados estén *en resonancia*, lo que equivale a que sus constantes sean

tales que los *períodos propios de sus oscilaciones cuando oscilan independientes, sea el mismo*:

$$T_1 = T_2 = 2\pi\sqrt{C_1 L_1} = 2\pi\sqrt{C_2 L_2};$$

es decir, *que la condición de resonancia exige que los productos de la capacidad por la autoinducción de cada circuito sean iguales.*

El primer efecto de la resonancia entre los circuitos de la figura 16, es que la corriente oscilatoria secundaria I_2 *adquiere el valor máximo posible* para un valor dado de la corriente primaria I_1 . La figura 6 aclara lo que acabamos de exponer: está trazada esta figura suponiendo que a un circuito primario cuyas constantes se mantienen fijas, se acopla un circuito secundario tal, que su frecuencia propia se varia sucesivamente alterando su capacidad o su autoinducción. Como abscisas se llevarían en tal caso, las frecuencias variables propias del circuito 2 y como ordenadas el efecto calorífico producido por su corriente oscilatoria, que como es sabido es proporcional al cuadrado de la intensidad eficaz I_2 de la misma corriente. El máximo *m n* de la curva obtenida, *muy pronunciado*, corresponde precisamente a una abscisa *prácticamente igual* a la frecuencia propia del primario.

Esto se explica fácilmente en nuestra asimilación de la capacidad del sistema eléctrico con la constante elástica de un sistema material y de la autoinducción del circuito con la inercia mecánica. En efecto, las variaciones de la corriente oscilatoria primaria determinan una f. e. m. periódica en el sistema secundario, cuyo efecto es comparable al de una serie de *impulsiones*, análogas a las que experimentaría una lámina elástica empotrada en un extremo y a la cual se aplicase una fuerza periódica en el otro. Si el período propio de la fuerza, fuese idéntico al de la vibración elástica de la lámina, dependiente de su masa y de su constante de elasticidad, el movimiento de la misma se amplificaría sucesivamente, hasta alcanzar un máximo muy elevado, desproporcionado con el valor de la fuerza aplicada y que se mantiene mientras ésta subsiste. En cambio, cuando el período propio de la fuerza no es igual al de vibración de la lámina, el movimiento de ésta presenta variaciones incesantes en su amplitud, y esta nunca alcanza valores grandes.

La segunda condición que imponemos para limitar nuestro estudio a lo necesario en el caso actual, es la de que *la oscilación del secundario subsista al cabo de pocas oscilaciones como si el primario no existiera.*

Esta condición sólo tiene lugar en dos casos:

1.º Cuando el número de líneas de fuerza del campo primario a través de la bobina secundaria es una pequeña fracción del total, en cuyo caso el acoplamiento se llama *blando* (o *muy blando* si la fracción es mí-

nima), y se comprende que cada circuito vibre por su parte con independencia relativa del otro, aunque a costa de que la cantidad de energía que en el secundario se pueda recoger sea también una fracción pequeña de la cantidad de energía puesta en juego por el primario.

2.º Cuando a un circuito primario *con saltador y muy amortiguado*, se acopla un secundario que *tenga un decrecimiento muy pequeño*, es decir,

que los decrecimientos primario y secundario son muy diferentes. Los fenómenos que tienen lugar en este segundo caso son precisamente los que han sido utilizados por Wien para constituir su sistema excitador.

La traducción gráfica de la corriente obtenida en el secundario en virtud de las dos condiciones establecidas para el acoplamiento conduce a la figura 8.

En esta figura hemos trazado la curva de las amplitudes propia del primario AB , y la curva de las amplitudes propia del secundario CD cuando ambos circuitos vibren independientes. Ambas curvas se aproximan al eje de los tiempos con una rapidez grande o pequeña según sea mayor

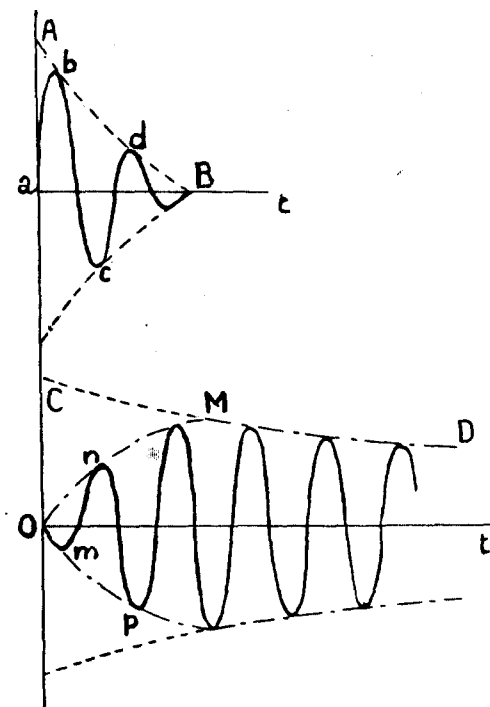


Fig. 18.

o menor el amortiguamiento propio de cada circuito; y de esta suerte, en el caso representado que corresponde al generador de Wien, la curva AB se confunde rápidamente con el eje citado, mientras que la CD no llega a su proximidad hasta mucho más tarde. La corriente oscilatoria primaria $a b c d \dots$ se acaba por esto rápidamente; y en tanto, la corriente oscilatoria secundaria *crece* en los primeros instantes, de tal modo, que la curva de las amplitudes en ese tiempo pudiera representarse en OM . En cuanto la curva ascendente OM alcanza a la curva de las amplitudes, propia del secundario CD , la corriente I_2 *decrece* ya con el decrecimiento propio del secundario, y la influencia del primario desaparece para el tiempo sucesivo. La curva de las amplitudes del secun-

dario sería, por lo tanto, la OMD ; y la corriente oscilatoria secundaria la $Omn p \dots$; la abscisa del punto M es sensiblemente la misma del punto B , en que la curva de las amplitudes del primario corta al eje de tiempos.

Por último, la reacción del secundario sobre el primario tiene por efecto *aumentar* más todavía el decrecimiento del último.

En suma, en el secundario se engendra por este hecho una oscilación semejante a la que se produciría intercalando en él un saltador, con la gran ventaja de que la ausencia del saltador permite reducir al mínimo las pérdidas de energía y las oscilaciones resultan débilmente amortiguadas, además de que su amplitud puede ser también más elevada, pues la f. e. m. secundaria, que puede ser grande, se aplica a un circuito de muy poca impedancia.

La imagen de este excitador de oscilaciones electromagnéticas puede encontrarse en un generador de ondas sonoras, como una campana o un diapasón. Un golpe brusco de un mazo sobre la masa metálica de que aquéllos están formados, determina la vibración elástica del metal, que se produce con independencia de la causa excitadora cuando el mazo se retira inmediatamente después del golpe, y en ese caso, sólo ha tenido éste la misión de iniciar la vibración. En cambio, si el mazo después del golpe continúa unido a la masa vibrante, el sonido percibido será muy diferente, porque entonces la vibración no sería la propia del diapasón o campana, sino la del sistema acoplado que formaría el conjunto del mazo y el citado elemento.

Arco cantante.—Los generadores hasta ahora examinados engendran oscilaciones amortiguadas en los circuitos. Es posible también obtener una descarga oscilante *no amortiguada*, es decir, que la curva de las amplitudes en la representación cartesiana de las figuras 14 y 15 (curvas MN) sería una recta paralela al eje de los tiempos.

La figura 19 contiene la disposición del arco cantante, que como se ve es idéntica en esquema a la de la figura 12. La diferencia estriba en que los electrodos a y b de la figura 19, son de substancia fácilmente disgregable por el paso de la corriente, como el carbón y la f. e. m. de un generador de corriente continua hace saltar entre esos electrodos la descarga tan conocida de los arcos voltaicos usados para el alumbrado, y una vez iniciada esta descarga subsiste con una diferencia de potencial pequeña entre los terminales del arco. Además, la autoinducción y la capacidad del sistema CLS resultan derivadas de los terminales citados.

Los fenómenos que tienen lugar en el sistema de la figura 19, son más complicados que los estudiados en la figura 12, y el análisis preciso de los mismos aún no está completo.

Es indudable que el condensador recibe sucesivas cargas del manantial, lo mismo que en el caso anterior, y en su descarga a través del arco se superpone en éste la corriente oscilatoria salida del condensador con la corriente continua que el manantial entretiene, y cuyo efecto es mantener expedito el camino del saltador, puesto que la atmósfera gaseosa se conserva siempre muy caliente.

El sistema de la figura 19 no presenta artificios particulares y es debido a Duddell. El fenómeno se manifiesta por un sonido, tanto más puro cuanto más agudo (de mayor frecuencia), cuyo período se determina por la misma fórmula de Thomson

$$T = 2 \pi \sqrt{C.L},$$

según manifiesta de un modo concluyente la experiencia.

El origen del fenómeno periódico radica en las diferencias de tempe-

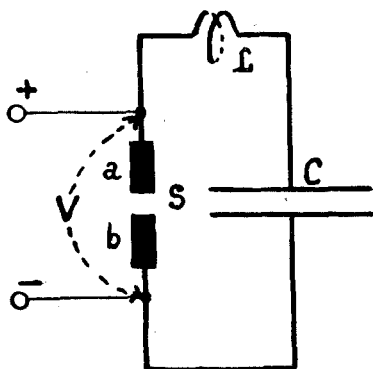


Fig. 19.

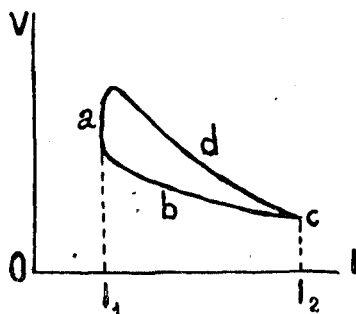


Fig. 20.

ratura del arco en los diversos instantes, diferencias de temperatura que alteran la resistencia de la atmósfera gaseosa y por lo mismo producen variaciones correlativas en la carga del condensador; aquellas variaciones de temperatura producen también un *retardo* entre la f. e. m. y la corriente en el arco, de tal modo, que para un mismo valor de la corriente, la f. e. m. es distinta según que aquélla sea creciente o decreciente: cuando la corriente es creciente, la f. e. m. es más elevada que cuando la corriente decrece.

Si en la figura 20 se representan las tensiones cuando las corrientes varían entre los límites I_1 e I_2 , resulta un bucle cerrado, en el cual la f. e. m. toma los valores que corresponden a lo parte abc cuando la co-

riente decrece desde I_2 hasta I_1 y los valores $c d a$ cuando la corriente vuelve a crecer desde I_1 hasta I_2 . Resulta así, un ciclo análogo al de la imantación variable del hierro producido por la histéresis magnética; y desde luego, la energía de que se puede disponer en el circuito CLS de la figura 19, es proporcional a la superficie $a b c d$ de la figura 20 que le corresponde.

Conviene que los arcos sean largos para que el sonido musical sea bastante puro y la f. e. m. algo elevada, que los carbones sean muy puros y la resistencia del circuito derivado sea pequeña (inferior a dos ohmios). Conviene asimismo que la capacidad sea grande, y pequeña la autoinducción, de acuerdo con la fórmula [35], para que las variaciones de corriente se acentúen.

Arco de Poulsen.—Las frecuencias que se pueden obtener cómoda-

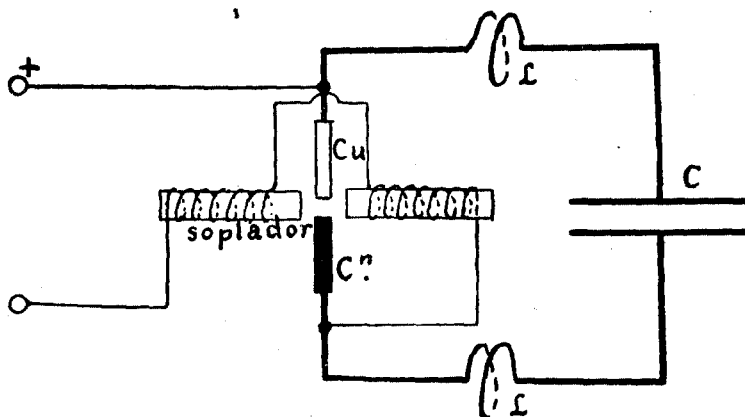


Fig. 21.

mente con la anterior disposición de Duddell están comprendidas entre 500 y 10.000 periodos por segundo, frecuencias inadecuadas todavía para su empleo en Telegrafía. Poulsen aprovecha el mismo fenómeno, pero obtiene ya frecuencias comprendidas entre 30.000 y 500.000 periodos por segundo.

El fundamento del sistema de Poulsen consiste simplemente en *exagerar* las variaciones de temperatura en el arco, para lo cual encierra aquél en un recinto lleno de hidrógeno o de un carburo de hidrógeno. Además aumenta la estabilidad, alargando al mismo tiempo el arco, por medio de un soplado electromagnético que se obtiene haciendo saltar el arco dentro del campo magnético de un electroimán, lo cual origina una acción entre el campo y la corriente que produce el efecto indicado.

La longitud del arco resulta determinada y la tensión continua es bastante elevada, de 500 a 600 voltios.

Por último, una circulación de agua enfria el electrodo positivo, que generalmente es de cobre, mientras el negativo es de carbón, dotado de un movimiento de rotación alrededor de su eje para evitar un desgaste desigual. La figura 21 es el esquema de la disposición.

El arco de Poulsen es el generador de ondas empleado en las estaciones que utilizan las oscilaciones no amortiguadas o entretenidas. Sus inconvenientes radican en la necesidad de mantener constante la frecuencia de la oscilación, fácilmente alterable por una variación en la cantidad de energía que se extrae para su radiación del circuito oscilante y por un defecto cualquiera de regulación del arco, cuya estabilidad es precaria. Además, la cantidad de energía que se puede extraer es pequeña siempre y el alcance de las transmisiones puede ser afectado por este hecho.





Propagación de las oscilaciones electromagnéticas.

I.—TRANSPORTE DE LAS OSCILACIONES HASTA EL CIRCUITO DE ANTENA

Circuitos oscilantes abiertos.—Los circuitos con condensadores ordinarios, con saltador o sin él, que nombraremos *circuitos oscilantes cerrados* y que son indispensables como generadores de oscilaciones electromagnéticas, son inadecuados para *radiar* las ondas, haciéndolas propagarse a través del ambiente como es necesario en Telegrafía sin hilos. Veremos que el circuito encargado de radiar las oscilaciones es el circuito de antena, y en general, los circuitos apropiados para este objeto son los *circuitos oscilantes abiertos u osciladores abiertos*.

En esencia, son iguales los fenómenos que tienen lugar dentro de los circuitos oscilantes cerrados y abiertos, como se comprende, por cuanto un circuito oscilante cerrado como el de la figura 22, se transforma en un oscilador abierto como el de la figura 23, sin más que separar progresivamente las armaduras *CC*. En el oscilador *simple*, estas superficies *CC* desaparecen; en el oscilador de *Hertz*, tales placas estaban substituídas por esferas.

La propiedad común a todos los osciladores abiertos, es la de que el campo electromagnético producido *perturba* la masa etérea indefinida que rodea el sistema, y tal perturbación es la que se *propaga* en el medio.

Los osciladores abiertos *no tienen* nunca saltador en la práctica telegráfica, para *disminuir* en lo posible el amortiguamiento propio de tales sistemas. Se desprende de esto la necesidad de *transportar* las ondas, des-

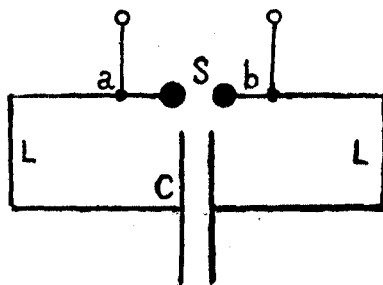


Fig. 22.

de el circuito oscilante cerrado donde se engendran, al circuito oscilador abierto encargado de radiarlas. Este objeto se consigue por medio de los

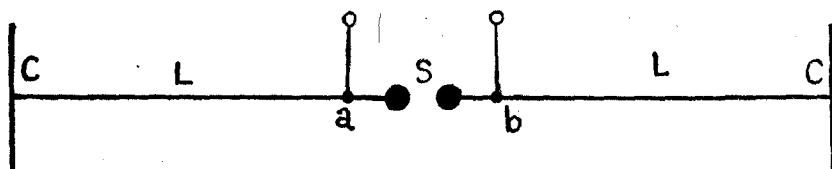


Fig. 23.

acoplamientos; y de tal manera, el *emisor* de telegrafía sin hilos está constituido por el conjunto de los dos circuitos, generador y radiador, acoplados convenientemente.

Leyes generales de los acoplamientos entre dos circuitos oscilantes amortiguados y acordados o en resonancia. El acoplamiento *magnético* es el utilizado generalmente. En los acoplamientos *por inducción*, como el de la figura 24, las bobinas B_1 y B_2 tienen común parte de sus medios magnéticos y los conductores del circuito primario son independientes de los del circuito secundario: en la figura 25, ambos circuitos tienen común una bobina B o parte de sus espiras, nombrándose estos últimos *acoplamientos directos*, y a la bobina B *bobina de acoplo*.

Alguna vez los acoplamientos directos suelen comprender también un *condensador* en la parte que es común a los circuitos primario y se-

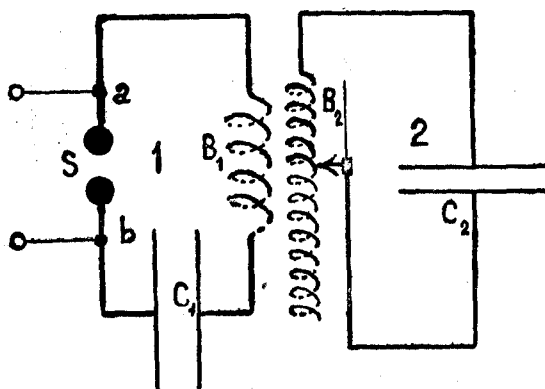


Fig. 24.

cundario, y en tal caso se nombran acoplamientos *mixtos*, si bien este nombre se suele también aplicar a aquellos acoplamientos directos que además de la bobina de acoplo tienen otras que actúan por inducción.

Corrientemente puede alterarse el número de espiras de las bobinas B_1 y B_2 de la figura 24 o bien el ángulo de los ejes de esas bobinas. En la figura 25, el número de espiras común a los dos circuitos es variable. Con estas disposiciones se logra alterar la *fuerza* del acoplamiento.

Solamente la *inercia electromagnética*, a la cual hemos asimilado la inducción, interviene en los fenómenos a que dan lugar los acoplamientos magnéticos. Es claro, según esto, que las constantes físicas de que dependerán los fenómenos que en los sistemas acoplados tienen lugar, serán los *coeficientes de inducción*. Estos son los de *autoinducción* L_1 y L_2 propios de cada circuito, y el de *inducción mutua* M de un circuito sobre el otro (*).

Para formarnos concepto de estos acoplamientos, podemos imaginar

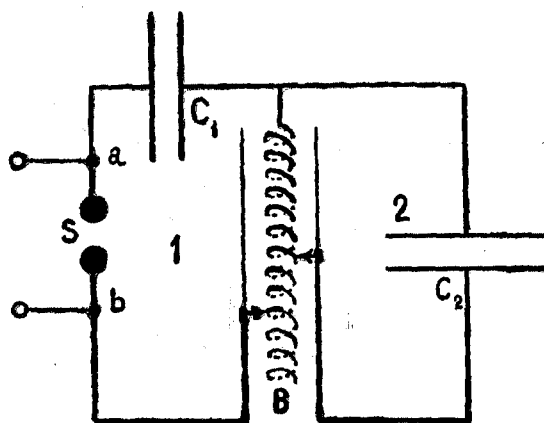


Fig. 25.

dos masas materiales, cuyas superficies, más o menos rugosas y deformadas, apoyan una contra la otra con una presión definida. Es claro que un movimiento de la primera arrastrará a la segunda con tanta mayor facilidad cuanto más íntima sea la conexión entre las superficies; y en cambio, el movimiento de la segunda masa será tanto menos fácil cuanto mayor sea su inercia; y también, la reacción de la segunda masa sobre la primera será tanto menos sensible cuanto mayor sea la inercia de esta última. En suma, la inercia propia de las masas disminuye la acción mutua, es decir, el efecto de su reunión; y por el contrario, este efecto aumenta cuando el contacto se hace más íntimo.

(*) Este último se define por el número de líneas de fuerza o *flujo magnético*, que el circuito 1 de la figura 24 produce a través del circuito 2, cuando la corriente que atraviesa los conductores del primero es igual a la unidad.

Pero en los sistemas acoplados, la inercia electromagnética propia de los circuitos se tiene en cuenta por el coeficiente de autoinducción, y el coeficiente de inducción mutua traduce el enlace mecánico de las masas. De esta suerte se concibe que las leyes de los acoplamientos sean función de un parámetro

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}. \quad [36]$$

El número K es siempre menor que la unidad, y se llama *coeficiente de acoplamiento*; su valor suele expresarse en tantos por ciento.

Ya indicamos anteriormente, que la complejidad de los fenómenos que tienen lugar en los acoplamientos, se elude fijando las condiciones de los mismos. En Telegrafía se cumple siempre la condición de *resonancia* entre las constantes de los circuitos acoplados, condición impuesta ya por nosotros en el epigrafe de este apartado; fijaremos además, la de que los *decrecimientos primario y secundario*, δ_1 y δ_2 , sean siempre POCO DIFERENTES, en contraposición con las circunstancias fijadas para el generador de Wien.

Se dice que el acoplamiento es *blando* o *rígido* según que K^2 sea menor o mayor que el número $\left[\frac{\delta_1 - \delta_2}{2\pi} \right]^2$; en el segundo caso (acoplamiento rígido) se llama *grado de acoplamiento* a un número K' tal que

$$K'^2 = K^2 - \left(\frac{\delta_1 - \delta_2}{2\pi} \right)^2. \quad [37]$$

Establecidos los preliminares anteriores, estudiaremos los resultados de las diversas influencias:

1.º *Influencia de los decrecimientos*.—Como las curvas de resonancia son un resultado del acoplamiento de los circuitos, su estudio es importantísimo, y mediante éste, se logra el de los sistemas acoplados. Tal estudio comprende dos extremos: el de las influencias que aumentan o disminuyen la ordenada máxima de la curva, y el de aquéllas que varían la curvatura en las inmediaciones del punto de resonancia.

El efecto térmico en el secundario disminuye desde luego cuando aumentan los decrecimientos, de suerte que el valor máximo de la ordenada es menor. Pero el efecto de los decrecimientos es sobre todo importante en lo que se refiere a la *agudeza* de la resonancia; de tal modo que la curva de resonancia es tanto más achatada, o la resonancia menos aguda, cuanto mayor sea la suma $\delta_1 + \delta_2$ de los decrecimientos.

Este hecho se pone de manifiesto en las curvas de la figura 26, construidas por Bjerknes en el caso de acoplamiento *blando* de dos circuitos, y en la cual cada una de las cinco curvas que en la misma se indican está caracterizada por una media de los decrecimientos

$$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} = 0,1; 0,2; 0,5; 1 \text{ y } 2.$$

Se ve en dicha figura que para $\delta = 2$ la curva no acusa un máximo claro y el fenómeno capital de la resonancia parece desaparecer por completo; para $\delta = 1$ el máximo de la curva está todavía muy separado del punto de isocronismo (que corresponde a la abscisa $\theta = T$) y la resonancia es muy poco marcada. Por fin, cuando los valores de δ decrecen, la resonancia es cada vez más aguda.

2.º *Influencia de la rigidez del acoplamiento.*—a) *Acoplamiento blando.*—En tanto que el acoplamiento es blando, la reacción del secundario tiene escasa influencia en las oscilaciones primarias, y el efecto de este acoplamiento se traduce en la importantísima propiedad de que los decrecimientos de ambas oscilaciones tienden a igualarse; es decir, que el decrecimiento de la oscilación menos amortiguada aumenta, en tanto que disminuye el decrecimiento de la oscilación más amortiguada.

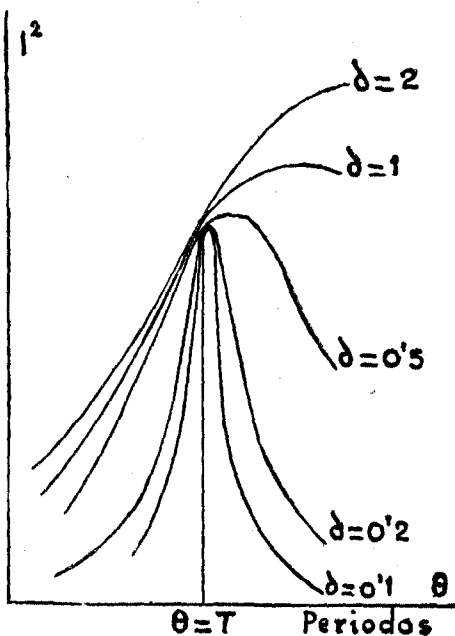


Fig. 26.

La figura 27, construida por Tissot experimentalmente, manifiesta esta influencia. En tanto que el máximo de la curva de resonancia aumenta mucho cuando la fuerza del acoplamiento varía desde el *muy blando* que corresponde a la curva 1, al *menos blando* de la curva 2, la resonancia se mantiene casi tan aguda en los dos casos. Todavía aumenta el máximo cuando se pasa de la curva 2 a la curva 3, pero la resonancia es *menos aguda*. Por último, en la curva 4, la resonancia es *muy poco aguda* aunque el efecto térmico *total* en el secundario (proporcional a la su-

perficie comprendida entre la curva y el eje de abscisas) ha aumentado.

En resumen, *la amplitud de las oscilaciones secundarias crece con el coeficiente de acoplamiento, y la resonancia es cada vez menos aguda.*

Cuando se acoplan dos circuitos para utilizar las oscilaciones secundarias, se trata de conseguir en general, curvas de las condiciones de la β que corresponden al acoplamiento *favorable*. Cuando se trata por el contrario de utilizar la curva de resonancia para determinar la frecuencia y el amortiguamiento propio de un circuito, se deben hacer los acoplamientos más blandos posibles,

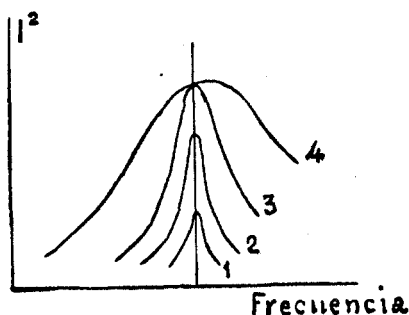


Fig. 27.

curva 1, empleando aparatos de medida muy sensibles, para que sea despreciable la alteración que en los elementos que se trata de determinar, pueda ocasionar el circuito secundario.

b) *Acoplamiento rígido.*—Para estudiar las curvas de resonancia propias de este caso, es preciso constituir un tercer circuito oscilante además de los dos acoplados.

Dicho tercer circuito debe llevar el aparato de medida, y su frecuencia propia debe ser variable y siempre conocida: se nombra *círculo de medida*. El circuito de medida debe siempre acoplarse con acoplamiento *muy blando*, para que la reacción que ejerza sobre el circuito al cual se acopla no altere las oscilaciones que se quieren estudiar.

Con esta disposición se obtienen las curvas de resonancia de las figuras 28 y 29, que corresponden respectivamente a un acoplamiento *poco rígido* y a otro *más rígido*. Estas curvas tienen el mismo carácter cuando el circuito de medida se acopla al primario, que si se une al secundario y siempre se presentan dos máximos en la curva de resonancia, que representa el efecto térmico, que corresponden a las mismas frecuencias, cualquiera que sea el circuito acoplado con el de medida. Tenemos, pues, en el primario una oscilación resultante de otras dos, de frecuencias distintas f' y f'' , con decrecimientos también diferentes δ' y δ'' , que se corresponden con otras dos oscilaciones secundarias, que tienen las mismas frecuencias y los mismos decrecimientos indicados, y que son las componentes de la oscilación secundaria.

Tales máximos no son iguales, como se ve en las figuras, sino que siempre es mayor el que corresponde a la mayor frecuencia f'' : como las longitudes de onda están en razón inversa de las frecuencias, la propie-

dad actual se traduce en el hecho de que la energía transmitida a un tercer circuito por el sistema acoplado (siempre que este tercer circuito esté relacionado con el secundario del sistema) por un acoplamiento blando será la máxima, cuando la longitud de onda propia del tercer circuito, sea igual A LA MENOR de las longitudes de las ondas componentes de la oscilación del sistema acoplado rigidamente.

Desde luego, las frecuencias f' y f'' que corresponden a los máximos, comprenden a la frecuencia propia de los circuitos que forman el sistema; de tal modo, que si f es la frecuencia primitiva (que para ambos cir-

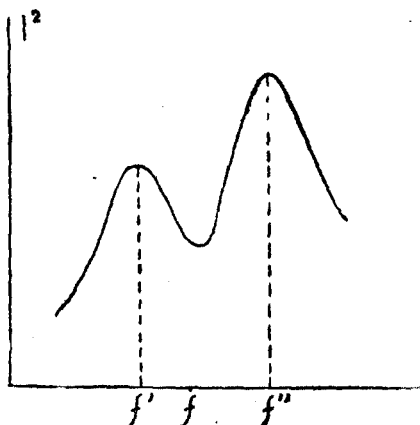


Fig. 28.

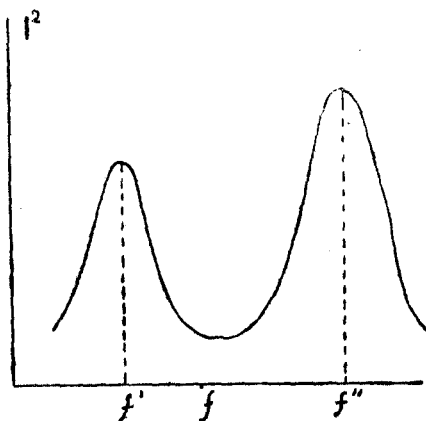


Fig. 29.

cuitos debe ser la misma según la primera condición impuesta) y K , es el grado de acoplamiento, será:

$$f' = \frac{f}{\sqrt{1 + K'^2}} < f; (*) \qquad f'' = \frac{f}{\sqrt{1 - K'^2}} > f \quad [38]$$

Caso en que las oscilaciones primarias sean entretenidas.—En este caso se utiliza constantemente en la práctica el acoplamiento rígido que permite transmitir mayor cantidad de energía al secundario.

La amplitud de las oscilaciones secundarias aumenta también cuando las constantes de los circuitos acoplados cumplen con la condición de resonancia, aunque con la diferencia importante, de que la amplitud máxima en el secundario, no corresponde a una frecuencia propia para éste,

(*) La letra K de las líneas 6.^a 7.^a 17 y 20 de la página 48 de esta Memoria debe ser substituída por la letra griega K y la letra K' de las líneas 19 y 20 por la K' .

igual a la frecuencia de la oscilación primaria, sino a una frecuencia tanto menor cuanto más rígido sea el acoplamiento.

Por otro lado, con el generador Poulsen es muy difícil mantener constante la frecuencia del primario cuando el secundario extrae cantidades de energía variables para la radiación, como es el caso en Telegrafía, porque entonces la reacción del secundario tiene por efecto en general modificar la amplitud y la frecuencia de la oscilación primaria.

II.—OSCILACIONES DEL CIRCUITO DE ANTENA

Constitución de una antena.—El circuito de antena no es otra cosa que un sistema conductor que posee una cierta capacidad C_1 y una cierta autoinducción L_1 por unidad de longitud (centímetro) y que presenta la particularidad esencial de que uno de sus extremos está unido a tierra y aislado el otro extremo. En determinados puntos del circuito de antena se

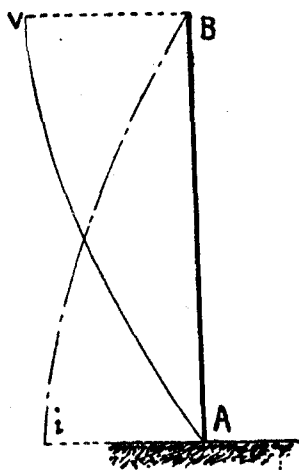


Fig. 30.

encuentran en la práctica condensadores o bobinas que alteran los valores de C_1 o de L_1 en aquellos puntos, pero que en nada modifican el concepto. También la forma del sistema de conductores es muy variable, aunque generalmente está constituido por un haz de hilos de bronce, conectados entre sí de modo diverso y colocados normales, paralelos u oblicuos con relación a la superficie terrestre; sin que tampoco estas disposiciones alteren el concepto genérico expresado, pues con ellas sólo se persigue que la radiación marche en direcciones determinadas o que la cantidad de energía radiada sea más o menos grande.

Oscilaciones de la antena simple.—Por antena simple entendemos el sistema de la figura 30, en el cual son constantes C_1 y L_1 . En la forma más sencilla estará constituida por un conductor como el AB que suponemos vertical, unido a tierra en el punto inferior A y aislado en el extremo B.

Este sistema sufre una perturbación en un punto, por su acoplamiento con un sistema primario por ejemplo, y esta perturbación se propaga a lo largo del conductor con caracteres especiales, en los cuales intervienen los parámetros que definen las tres especies de resistencias que la perturbación ha de encontrar en su camino para propagarse: la *resistencia elástica*, tenida en cuenta por el coeficiente C_1 ; la *resistencia de iner-*

cia, que el coeficiente L_1 permite tomar en consideración, y la *resistencia viscosa* R_1 o resistencia óhmica del conductor, por centímetro.

Kirchhoff ha estudiado teóricamente la propagación de una perturbación a lo largo de un conductor dotado de una capacidad y de una autoinducción uniformemente repartida (caso de una línea telegráfica en general) y llegó a la conocida *ecuación de los telegrafistas*:

$$\frac{d^2 V}{dx^2} - C_1 R_1 \frac{dV}{dt} - C_1 L_1 \frac{d^2 V}{dt^2} = 0 \quad [39]$$

ecuación que permite determinar el potencial V a una distancia x de un punto tomado por origen y después de un tiempo t del instante inicial.

La ecuación general [39] se simplifica en el caso de nuestra antena, despreciando la resistencia viscosa R_1 que en los fenómenos de alta frecuencia que tienen lugar en los conductores, siempre influye poco cuando las secciones son suficientes. Esto equivale a *suponer nulo* el decrecimiento propio del efecto Joule, único que se tendría en cuenta en la ecuación [39].

Con esta hipótesis, resulta:

$$\frac{d^2 V}{dt^2} = \left[\frac{1}{\sqrt{C_1 L_1}} \right]^2 \frac{d^2 V}{dx^2} = v^2 \frac{d^2 V}{dx^2} \quad [40]$$

La ecuación [40] es idéntica en su forma a la que se obtiene para el movimiento de las *cuerdas vibrantes* en acústica, siempre que se asimile V a la deformación elástica en cada punto, C_1 al *coeficiente de alargamiento elástico* (número inverso del coeficiente de elasticidad) y L_1 a la masa de la unidad de volumen (densidad). En tal asimilación $v = \frac{1}{\sqrt{C_1 L_1}}$,

sería la *velocidad de propagación del movimiento*.

En nuestro caso es fácil formarse un concepto asequible de los hechos, puesto que sabemos que la perturbación que llega a uno de los puntos de la antena es *armónica*, de suerte que podemos obtener una solución particular de la ecuación [40] escribiendo el valor del potencial en la forma

$$V = f(x) \cos \omega t,$$

y determinando $f(x)$ para que se cumpla la citada condición. Resulta así:

$$V = V_0 \operatorname{sen} \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \omega t + V'_0 \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \omega t$$

en la cual se han substituido v y ω por sus valores $v = \frac{\lambda}{T}$ y $\omega = \frac{2\pi}{T}$, y las cantidades V_0 y V'_0 son las constantes de la integración.

Para determinar V_0 y V'_0 tenemos en nuestro caso las condiciones en los límites

$V = 0$, para $x = 0$ (punto A) cualquiera que sea el tiempo t

$V = V_0$ para $x = l$ (punto B) cuando $\cos \omega t = 1$

condiciones que equivalen a tomar por origen de los espacios el punto A , y que fijan el máximo potencial V_0 que puede tomar el extremo aislado B de la antena, que dista de A la longitud l de la misma antena.

La primera condición en los límites impone que $V'_0 = 0$, y por consecuencia

$$V = V_0 \operatorname{sen} \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \omega t. \quad [41]$$

La segunda, supone también la condición suplementaria

$$\operatorname{sen} \frac{2\pi}{\lambda} l = 1 \quad [42]$$

de la cual se deduce, llamando n a un número entero cualquiera,

$$l = \frac{\lambda}{4} (2n + 1) \quad [43]$$

es decir, que

$$\lambda = 4l, \frac{4}{3}l, \frac{4}{5}l, \dots$$

según que sea $n = 0, 1, 2, \dots$. De este modo la oscilación del potencial en la antena simple es una oscilación compleja, resultante de varias que tienen respectivamente por longitud cuatro veces la de la antena, los $\frac{4}{3}$

de la misma, Se nombra *oscilación u onda fundamental* a la primera cuya longitud es $4l$, y las otras son las *ondas de orden superior o armónicas* de la oscilación, y en general, tienen muy pequeña amplitud.

La oscilación resultante, es la misma que si la perturbación salida del origen, al llegar al extremo aislado de la antena, *se reflejase* en este punto y volviera hacia atrás; de esta suerte, el potencial de cada punto es el resultante de ambas ondas, directa y reflejada, que *al interferir*, determinan *una onda estacionaria*, apareciendo un *nodo* en el punto *A* de la figura 30 y un *vientre* en el punto *B* para la onda fundamental. Esta onda se podría representar, por tanto, en un instante t por la curva $A v$, tomando como abscisas el potencial en cada punto en tal instante y por ordenadas las distancias x .

La figura 31 presenta la variación de la onda del potencial en un semiperíodo: la curva 1 corresponde al tiempo $t = 0$, y en general a los valores de t que hagan $\cos \omega t = 1$; la curva 4, corresponde a los tiempos que hagan $\cos \omega t = -1$: en los demás instantes del semiperíodo las curvas quedan comprendidas entre estas dos extremas. Esta representación hace patente el carácter de onda estacionaria que tiene la vibración de la antena, por cuanto la amplitud de la oscilación es diferente en los distintos puntos, pero en todos ellos se alcanza el máximo en el mismo instante, a diferencia de las ondas progresivas que se caracterizan porque el máximo es el mismo en los diferentes puntos, pero este máximo no lo alcanzan al mismo tiempo más puntos que aquéllos que distan un múltiplo de la longitud de onda según la dirección de propagación.

La figura 32 presenta un ejemplo de las oscilaciones superiores de la antena, que siempre conservan el nodo en la tierra y el vientre en el extremo aislado, y que tienen además otros nodos y vientres en puntos intermedios, y en número tanto mayor cuanto más elevado es el orden de la armónica que se considera (*).

Relación entre la corriente y el potencial en cada punto.—Expresando que la variación de la corriente a lo largo de la antena cuando se avanza una longitud dx , es precisamente el incremento elemental de la carga del citado elemento dx , se obtiene la relación buscada:

$$-\frac{di}{dx} = C, \frac{dV}{dt} \quad [44]$$

(*) Las antenas funcionan como osciladores abiertos verticales, como los de las figuras 33 a 37, sin más que substituir la mitad inferior del oscilador abierto por una *toma de tierra*: de este modo, la oscilación de los últimos, se obtendría, según lo dicho para las antenas, considerando en la figura 30 la antena unida a su *imagen* (prolongación de la misma tomando la tierra como plano de simetría).

y esta ecuación, combinada con la [41], proporciona para la intensidad el valor

$$i = -V_0 \sqrt{\frac{C_1}{L_1}} \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \omega t \quad [45]$$

y esta igualdad demuestra que la distribución de las intensidades a lo largo de la antena sigue una ley armónica análoga a la de las tensiones y que aparece también como una onda estacionaria; pero esta intensidad presenta una diferencia de fase con la tensión de un cuarto de periodo, lo mismo en lo que se refiere al espacio que en lo que se refiere al tiempo; es decir, que encontraremos un vientre de intensidad en cada nodo

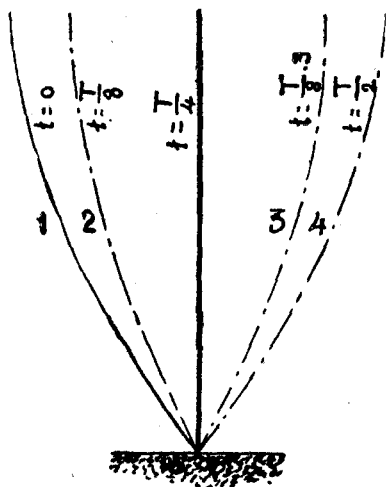


Fig. 31.

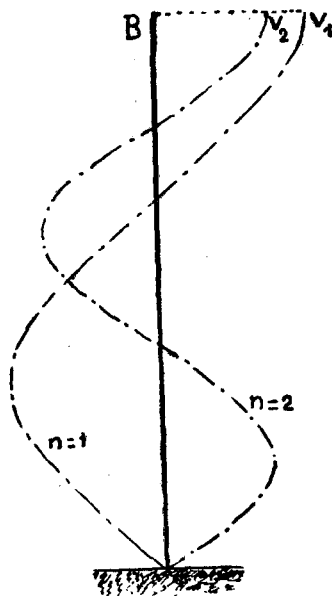


Fig. 32.

de tensión y recíprocamente. La curva $B i$ de la figura 30, presentará, según lo indicado, la distribución de la corriente en un instante determinado.

Relación entre la amplitud de la corriente y la del potencial.—La ecuación [45] permite escribir esta relación, que es idéntica a la deducida para los circuitos oscilantes cerrados

$$I_0 = V_0 \sqrt{\frac{C_1}{L_1}} \quad [46]$$

y demuestra siempre que para obtener intensidades elevadas a lo largo de la antena, es preciso *aumentar la capacidad y disminuir la autoinducción*.

III.—PROPAGACIÓN DE LAS OSCILACIONES ELECTROMAGNÉTICAS A TRAVÉS DEL ESPACIO

Mecanismo de esta propagación.—Las ondas estacionarias que caracterizan la vibración electromagnética de los osciladores abiertos o antenas encargados de la radiación de energía, tienen la propiedad de producir una oscilación armónica *que se propaga a través del espacio, separándose de la antena radiadora*.

El mecanismo de esta radiación es fácil de concebir si se recuerdan las imágenes que presentan los campos eléctrico y magnético como lugares en los que el éter está sometido a tensiones especiales, análogas a las tensiones elásticas de las masas materiales.

En efecto, si se supone un oscilador simple para el cual en esencia

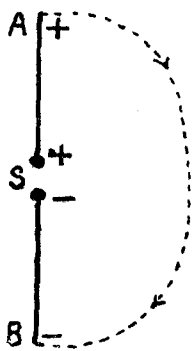


Fig. 33.

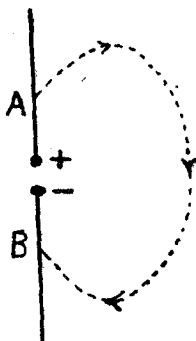


Fig. 34.

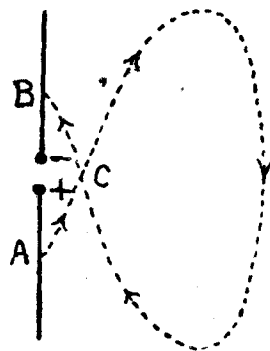


Fig. 35.

son los mismos los fenómenos que para las antenas, en el tiempo que corresponde a la curva 1 de la figura 31 y vibrando en un medio homogéneo e indefinido, y en la figura 33 se representa una línea de fuerza eléctrica, análoga a un hilo elástico tendido, es claro que el sentido de la línea de fuerza indicada será el marcado, desde el elemento *A* de mayor potencial al elemento correspondiente *B* de menor potencial. Como la oscilación es tan rápida y los elementos correspondientes *A* y *B* se aproximarán con arreglo a tal rapidez, ocurrirá que por la *inercia de la masa etérea*, no toda la línea de fuerza podrá seguir el movimiento de esos elementos; y de tal modo se iniciará un *bucle* en la línea de fuerza conside-

rada, figura 34. Un instante después, este bucle se ha cerrado, por que el elemento A se ha cruzado con el B , dando lugar a la figura 35. En la figura 36 aparece en seguida formado un nuevo *tubo de tensión* o hilo elástico extendido $B C A$, que empujará al tubo de tensión *cerrado* $a b c$; y como la nueva línea de fuerza aparecida en la figura 36 seguiría el mismo proceso que la $a b c$, ésta se alejará del oscilador, ensanchándose. Finalmente, una sección vertical de la masa etérea perturbada, que contenga al eje del oscilador $a b$ de la figura 37, presenta el espacio inmediato en la forma representada; y cuando la distancia sea suficiente, la curvatura de las superficies alcanzadas en cada instante por la perturbación se regulariza, y aparecen estas superficies o *frentes de onda*, aproximadamente como esféricos.

En el medio atmosférico existen diferencias de detalle con lo expuesto, porque a las ondas directas que salen de las antenas es preciso unir las reflejadas por la superficie terrestre, que es siempre *conductora*, aunque a veces imperfectamente conductora, y a través de la cual las ondas no pueden penetrar. Además, la curvatura de la tierra no es obstáculo

para la transmisión de las ondas a largas distancias, de modo que la propagación *no es rectilínea*, y el fenómeno

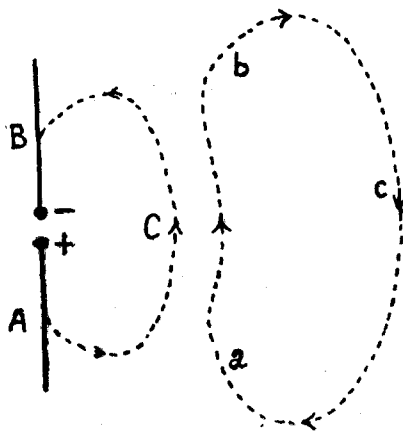


Fig. 36.

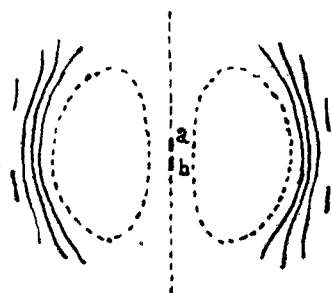


Fig. 37.

de la *difracción* no es suficiente para explicar las fuertes inflexiones comprobadas. Esta propagación se explica teniendo en cuenta la fuerte *ionización* de las capas altas de la atmósfera que determina en esta región una conductibilidad irregular y por lo mismo una *reflexión difusa* de las ondas, análoga a la que tiene lugar para la luz en una superficie sin pulimento.

De esto resulta que el frente de onda originado por una antena en funcionamiento es casi cilíndrico, comprendido entre dos superficies con-

ductoras situadas a distancias variables, pero siempre pequeñas dadas las que normalmente existen entre las estaciones emisora y receptora. Este frente de onda *avanza con la velocidad de la luz*, alejándose de la antena; y cuando la distancia es suficiente, su curvatura puede considerarse nula, es decir, que en una pequeña porción, la onda *es plana*.

Para un punto del espacio, como el m de la figura 38, a una distancia r , muy grande, de una antena, siempre se conserva el vector que define la intensidad eléctrica mH , en el plano determinado por la antena y el punto, y generalmente *es normal* a la dirección de propagación mv , que es el radio de un círculo que tiene por centro el origen de la antena; el vector que define la intensidad magnética mH , se conserva a su vez *normal* a mv y mH y *dirigido en cada instante hacia la izquierda de un observador colocado en el punto m mirando a la antena y de modo que el*

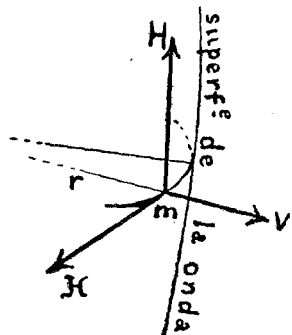


Fig. 38.

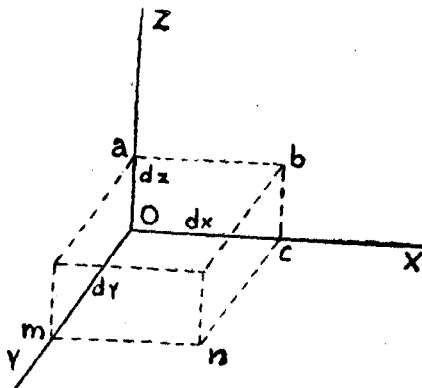


Fig. 39.

vector H estuviese dirigido desde sus pies a su cabeza. Esto quiere decir en resumen que la propagación se realiza por ondas *transversales planas*.

Una imagen de esta propagación la encontramos en la del movimiento del agua de un estanque tranquilo, en cuanto se dejase caer una piedra en el centro: las oscilaciones del líquido se transmitirán por ondas circulares, notadas en cada punto por sucesivos movimientos verticales de las partículas líquidas, normales a la dirección de propagación (que es la del radio creciente de los círculos que sucesivamente se forman), y tiene lugar la propagación *sin transporte de materia*.

Relación entre los vectores eléctrico y magnético en cada punto del espacio.—Sea, en la figura 39, YZ el plano de la onda que corresponde al punto O , situado a una distancia suficiente de la antena y OX la dirección de propagación de la oscilación electromagnética. El vector eléc-

trico seguiría la dirección del eje OZ y el vector magnético se confundiría con el eje OY .

Limitemos en la figura un volumen elemental $dx dy dz$ y calculando, según la ley fundamental de la inducción electromagnética (*), la f. e. m. inducida a lo largo del contorno $abcO$ e igualando este valor a la suma de las caídas de tensión a lo largo de sus lados Oa , ab , bc y cO , determinadas en virtud de la igualdad $H = -\frac{dV}{dl}$, resulta la relación entre los vectores eléctrico y magnético

$$\frac{dH}{dt} = -\frac{dH}{dx} \quad [47]$$

La relación [47] no es suficiente para determinar ambos vectores. Una segunda relación se obtiene fácilmente evaluando el trabajo que realizaría un polo magnético unidad que recorriese el contorno Omc . Esta evaluación se puede hacer aplicando el principio de Ampere, que nos dice, *que el trabajo de un polo magnético unidad que recorre un contorno cerrado alrededor de una corriente, solicitado por la fuerza electromagnética debida a la misma, es igual a $4\pi\mu$ veces la intensidad de la corriente precipitada.*

Por otro lado, también se puede evaluar ese trabajo por el producto de la fuerza magnética a lo largo de cada uno de los lados, por el camino recorrido por el polo. Igualando las expresiones resultantes para el trabajo, se obtiene finalmente

$$K \frac{dH}{dt} = -\frac{dH}{dx} \quad [48]$$

Velocidad de la propagación.—Las notables expresiones [47] y [48], establecidas por Maxwell y Hertz, permiten encontrar fácilmente esta velocidad. En efecto, la onda que en el instante t está definida por los vectores H y H para, el punto O , en el tiempo $t + \delta t$ estará definida por los nuevos vectores $H + \frac{dH}{dt} \delta t$ y $H + \frac{dH}{dt} \delta t$. Pero en el tiempo δt , la onda habrá recorrido según el eje OX la longitud δx , de suerte que los vectores que en el instante $t + \delta t$ se encuentran en O son los que en el

(*) La ley fundamental de referencia dice, *que la f. e. m. a lo largo de un contorno cerrado, como el $abcO$ de la figura 39 es igual a la derivada con relación al tiempo del flujo que pasa a través del contorno referido.*

instante t se encontraban a la distancia δx de O ; y como el valor de estos últimos es también

$$H - \frac{dH}{dx} \delta x \text{ y } H - \frac{dH}{dx} \delta x,$$

resultan las igualdades

$$\frac{dH}{dt} \delta t = - \frac{dH}{dx} \delta x \qquad \frac{dH}{dt} \delta t = - \frac{dH}{dx} \delta x$$

y teniendo en cuenta las ecuaciones [47] y [48] para eliminar las derivadas de H y H con relación al tiempo y al espacio, tenemos para la velocidad buscada

$$v = \frac{\delta x}{\delta t} = - \frac{dx}{dt} \qquad v^2 = \frac{1}{K\mu} \qquad v = \sqrt{\frac{1}{K\mu}}. \quad [49]$$

Para hallar el valor numérico de v , es preciso expresar K y μ en unidades homogéneas, y supondremos que éstas sean las electromagnéticas. En tal sistema de unidades, μ es la unidad para los medios no magnéticos, como son todos los empleados en la práctica; y la constante dieléctrica, que expresada en el sistema C. G. S. electrostático vale K unidades, es preciso dividirla por 9×10^{20} para encontrar su valor en el sistema C. G. S. electromagnético. En suma, en unidades C. G. S. (centímetros por segundo)

$$v = \frac{3 \times 10^{10}}{\sqrt{K}} \quad [50]$$

Para el vacío y también para el aire, $K = 1$, de suerte que

$$v_1 = 3 \times 10^{10} \text{ cm} \times 1'' \quad [51]$$

que es precisamente la *velocidad de la luz*.

La expresión [50] es el valor de la velocidad cuando el medio tiene una permeabilidad eléctrica K , de suerte que la relación entre las velocidades v_1 y v es:

$$\frac{v_1}{v} = \sqrt{K},$$

pero esta relación, cuando se consideran las velocidades de la luz en el vacío y en un medio, es precisamente el índice de refracción n , de este medio con relación al vacío. Resulta así la famosa relación de Maxwell:

$$K = n^2 \quad [52]$$

hoy perfectamente comprobada por la experiencia, aunque dicho sabio al establecerla, guiado por sus geniales teorías, sólo conociera hechos experimentales que parecían contradecirla.

Radiación de energía de las antenas.—Del estudio anterior resulta que en un volumen limitado del medio, encontramos en cada punto los vectores H y H que definen el campo electromagnético en ese punto. Es claro además, que el citado volumen contendrá en cada instante una cierta cantidad de energía potencial, almacenada por las tensiones especiales del éter que producen los campos eléctrico y magnético. Estas energías por unidad de volumen son conocidas:

$$W_e = K \frac{H^2}{8\pi}; \quad W_m = \mu \frac{H^2}{8\pi}$$

de suerte que la energía total en el volumen elemental $dx \, dy \, dz$ de la figura 39, sería

$$\left(K \frac{H^2}{8\pi} + \mu \frac{H^2}{8\pi} \right) dx \, dy \, dz = W_1$$

y la variación $\frac{d W_1}{d t}$ de esta cantidad en el tiempo, será la energía que

entrará o saldrá de tal volumen; es decir, que $\frac{d W_1}{d t}$ es la cantidad que la citada porción del éter transmite a las porciones inmediatas y la que, si alcanza a la antena receptora, será aprovechable para percibir la señal.

Pointing determinó el valor de W_1 y enunció el teorema siguiente: *La radiación de energía a través de un volumen definido del dieléctrico, se obtiene multiplicando por $\frac{1}{4\pi}$ la suma de los productos de los vectores eléctrico y magnético en cada punto. La dirección de la radiación resulta normal a la de los vectores, y se nos manifiesta como un flujo que sale, es decir, que el sentido de la radiación es hacia el exterior.*

La traducción analítica de teorema conduce a la ecuación

$$\frac{d W_1}{d t} \int \left(K \frac{H^2}{8 \pi} + \mu \frac{H^2}{8 \pi} \right) d v = \frac{1}{4 \pi} \int H H d s \quad [53]$$

en la cual, s es la superficie que limita el volumen v .

Si se representan por H_0 y H_0 las amplitudes de los vectores a una distancia r de la antena y en un plano normal a la misma en el vientre de corriente (nombrado *plano ecuatorial*) y se supone un medio homogéneo e indefinido, la energía total radiada a través de la superficie esférica de radio r , en un periodo, será

$$W_t = \frac{\eta}{8 \pi} H_0 H_0 T S$$

siendo η un coeficiente constante menor que la unidad, que depende de la forma como la energía decrece del ecuador a los polos.

Por fin, si consideramos la energía que sale por unidad de superficie de esta esfera $\frac{W_t}{s}$, vemos que esta cantidad es inversamente proporcional al cuadrado del radio, de tal modo que si Q es un coeficiente constante,

$$\frac{W_t}{r^2} = Q H_0 H_0 T \quad [54]$$

Valor de los vectores a larga distancia del oscilador.—De las ecuaciones [47] y [48] se obtiene, derivando sucesivamente con relación a x y a t , y eliminando uno de los vectores para dejar sólo el otro,

$$\frac{d^2 H}{d t^2} = \frac{1}{K \mu} \frac{d^2 H}{d x^2}; \quad \frac{d^2 H}{d t^2} = \frac{1}{K \mu} \frac{d^2 H}{d x^2} \quad [55];$$

y reduciéndonos sólo al vector eléctrico, la integral general, si se considera la propagación centrífuga que interviene en el problema de la emisión, sería

$$H = \varphi(v t - x)$$

en la que φ es una función arbitraria y la velocidad v es igual a $\frac{1}{\sqrt{K \mu}}$.

Como las oscilaciones de las antenas son armónicas, la función φ será sinusoidal, hipótesis corroborada por las experiencias en la proximidad de los osciladores, y de esta suerte haremos

$$H = H_0 \operatorname{sen} \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) = H_0 \operatorname{sen} \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right) \quad [56]$$

fórmula que responde al hecho de que para un tiempo determinado, resultan en fase (es decir, *están igualmente perturbados*) los puntos del espacio situados a una distancia igual a un múltiplo cualquiera de la longitud de onda.

Si utilizamos ahora cualquiera de las relaciones [47] o [48], combinándola con la [56] obtendremos el vector magnético

$$H = H_0 \sqrt{\frac{K}{\mu}} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) = H_0 \operatorname{sen} \frac{2\pi}{\lambda} (vt - x) \quad [57]$$

Consecuencias.—1.^a *Relación entre los valores numéricos de los vectores.*—Basta comparar los valores [56] y [57] para encontrar esta relación:

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{\mu}{K}}; \quad [58]$$

y cuando el medio no sea magnético,

$$\frac{H}{H_0} = \frac{1}{\sqrt{K_m}} = \frac{3 \times 10^{10}}{\sqrt{K_e}} \text{ cm} \times 1'' = v$$

expresando el subíndice que K se mide respectivamente en el sistema C. G. S. electromagnético o en el C. G. S. electrostático.

2.^a *Fase de los vectores.*—Ambos vectores están en fase, puesto que pasan en los mismos instantes por los valores máximos y nulos. Su sentido se determina por la regla dada ya anteriormente.

3.^a *Decrecimiento de la amplitud de los vectores con la distancia a la antena.*—La energía por unidad de superficie dada por la fórmula [54], permite escribir:

$$H_0 H_0 = H_0^2 \sqrt{\frac{K}{\mu}} = \frac{Q'}{x^2};$$

siendo x la distancia variable, y de esta fórmula resulta

$$H_0 = \frac{H'_0}{x}; \quad H_0 = \frac{H'_0}{x} \sqrt{\frac{K}{\mu}} = \frac{H'_0}{x} \quad [59]$$

La amplitud de la oscilación electromagnética en un punto es, por tanto, inversamente proporcional a su distancia al oscilador.—Esta ley no se verifica para distancias pequeñas, porque está deducida teniendo en cuenta sólo el campo electromagnético producido en cada punto por la corriente de desplazamiento. A pequeña distancia, el campo electrostático de la antena tiene gran influencia en el vector eléctrico, que entonces decrece como $\frac{1}{x^3}$. La corriente variable del oscilador produce por inducción una acción preponderante en la f. e. m. (vector H) para las distancias medias, y esta acción decrece con la distancia como $\frac{1}{x^2}$ (además está dirigida en sentido contrario). El vector magnético a pequeña distancia es también proporcional a $\frac{1}{x^2}$, por la influencia preponderante de la misma inducción indicada.

4.^a *Relación entre la amplitud de la corriente en el circuito de antena y la amplitud de los vectores.*—La oscilación electromagnética que se engendra en cualquier circuito oscilante es, según lo indicado, una transformación sucesiva de la energía potencial electrostática, almacenada en la capacidad del sistema, en energía magnética potencial de los medios y recíprocamente: cuando la primera es nula, la segunda alcanza el valor máximo $W_m = \frac{1}{2} L I_0^2$, y esta cantidad es igual al total de la energía que entonces posee el sistema oscilante.

Ahora bien, esta energía resulta consumida al cabo de pocos instantes a consecuencia de las distintas causas que producen el amortiguamiento, y en términos generales, para un mismo circuito oscilante, podemos decir *que la energía consumida por cualquiera de las causas de pérdida es proporcional a la energía total del sistema.*

En el circuito de antena, la causa que mayor influencia tiene en el amortiguamiento, es la radiación de energía, y es claro que esta energía radiada será también proporcional a la total del sistema $\frac{1}{2} L I_0^2$.

Pero por el teorema de Pointing, la energía radiada es también proporcional a las amplitudes de los vectores, y podemos escribir:

$$W_t = k_1 H_0 H_0 = k_2 \frac{H_0'^2}{x^2} \sqrt{\frac{K}{\mu}} = k_1' I_0^2.$$

Es decir, que

$$H_0' = H_0'' I_0 \quad \text{y} \quad H_0' = H_0'' I_0 \quad [60]$$

de suerte, que los vectores eléctrico y magnético son proporcionales a la amplitud de la corriente en el circuito de antena.

Si consideramos la antena como compuesta de trozos diferentes que por su reunión producen la acción total, resulta de la propiedad anterior que para obtener la máxima radiación del sistema, convendría que las amplitudes en todos los trozos indicados fueran las mayores posibles; es decir, que conviene que la curva de corriente de una antena presente una abscisa grande en el vientre, pero también es necesario que las abscisas en las inmediaciones de los nodos sean lo más elevadas que se pueda conseguir. De esta manera, se considera que la acción a distancia es tanto más grande cuanto mayores sean las superficies limitadas por las curvas de corriente, es decir, *cuanto mayor sea la corriente MEDIA de la antena.*

5.^a *Influencia de la frecuencia.*—Puesto que la frecuencia propia de un oscilador abierto, según la fórmula de Thomson, es

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \pi \sqrt{C L}} = \frac{1}{2 \pi l \sqrt{C_1 L_1}},$$

se puede transformar la ecuación [46] y obtener

$$I_0 = 2 \pi f l C_1 V_0 = 2 \pi f C V_0 \quad [61]$$

que demuestra, por la proporcionalidad existente entre I_0 y ambos vectores, que *la radiación de energía aumenta con la frecuencia propia del sistema a igualdad de las demás circunstancias.* Este aumento no llega a ser proporcional en la práctica al cuadrado de la frecuencia, *por la mayor absorción* que experimentan las ondas cortas a lo largo de la superficie terrestre.



Disposiciones generales adoptadas en la práctica radiotelegráfica.

I—EMISORES

Formas de las antenas.—Las antenas, *conductores aéreos* o simplemente *aéreos*, de las estaciones de telegrafía sin hilos, pueden ser de *gran radiación y de radiación pequeña o disminuida*, según que el decrecimiento propio de sus oscilaciones por la radiación de energía a que ellas mismas dan lugar, sea superior o inferior a 0'1.

Otra agrupación de estos sistemas se puede establecer según que la radiación se efectúe con la misma intensidad en todos sentidos, o que la energía salga de la antena en ciertas direcciones en mayor proporción que en cualquiera otra. Las primeras constituyen el grupo de los *aéreos simétricos* verticales y las segundas se nombran antenas *dirigidas* o *de barco*.

1.º *Estudio de las antenas simétricas.*—Las antenas de gran radiación sólo se utilizan en la práctica cuando el generador de ondas es el arco cantante, porque entonces se compensa la pequeña cantidad de energía aprovechable para la radiación, forzando la que es propia del conductor aéreo. Con los generadores de ondas amortiguadas y poco amortiguadas se emplean normalmente los *aéreos con pequeño amortiguamiento por radiación*.

Esta circunstancia se justifica fácilmente porque las dos antenas, emisora y receptora, se pueden considerar *acopladas* a través del medio que las separa, y en tal concepto, las leyes de la resonancia entre los circuitos acoplados demuestran que el *acuerdo* o *sintonía* es tanto más perfecto, es decir, *la curva de resonancia más aguda*, cuanto menores son los decrecimientos propios de los circuitos acoplados, y precisamente en los circuitos de antena es debido a la radiación la casi totalidad de su amortiguamiento, ya que la cantidad de energía consumida por las otras causas es despreciable. De este hecho resulta, que entre ciertos límites y por la forma especial de las curvas de resonancia, la disminución de la radiación no implica que *el alcance* de la estación resulte menor; y es

muy ventajoso poder afinar la sintonía, porque evita la perturbación por otras transmisiones. Es claro que en este concepto sería un ideal el de que el receptor sólo percibiera las ondas de una longitud perfectamente determinada.

Como antena tipo de radiación pequeña y simétrica presentaremos la antena nombrada de *paraguas*, figura 40, en la cual un poste vertical, constituido de un material cualquiera y de altura más o menos grande, desde una veintena de metros hasta 100 y más, sostiene un sistema de conductores de bronce, que presenta la parte ascendente AB , sensiblemente vertical, y la descendente e inclinada BC , formando un conjunto idéntico en su forma al de la armazón metálica de un paraguas. Es claro

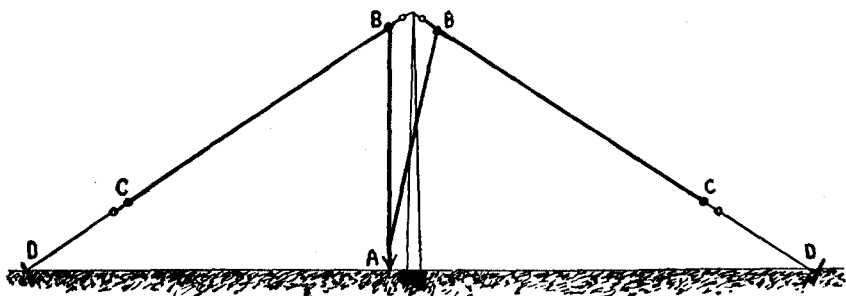


Fig. 40.

que el poste *portaantena* sostiene las partes B de los conductores por el intermedio de aisladores, y la parte C de los mismos está perfectamente aislada de tierra y a distancia de algunos metros por encima del suelo, de suerte que los cables CD sirven sólo para fijar el extremo C en su lugar. El extremo A está unido a tierra como luego diremos (la figura sólo presenta el par de conductores que resultan en el plano del papel).

Esta disposición produce como resultado el hecho de que la corriente oscilante del conductor ascendente AB dé origen a una radiación de energía que se contrarresta en parte por el efecto de la corriente oscilante en el conductor descendente BC , aunque la radiación subsiste siempre, porque en A está siempre el vientre de la corriente y en C el nodo de la oscilación; de este modo, se puede considerar que la acción a distancia de esta antena está indicada por la superficie $abco$ en la figura 41, obtenida doblando por el punto b , que se corresponde con el B de la figura 40, la onda de la oscilación abd , figura 41, que se produciría si los conductores fueran ascendentes hasta el punto C de la figura 40.

La ventaja de éste aéreo, es la de una *gran capacidad* propia por uni-

dad de longitud, condición que permite conseguir una amplitud de corriente grande sin forzar el potencial, según la fórmula conocida

$$I_0 = V_0 \sqrt{\frac{C_1}{L_1}} = V_0 \sqrt{\frac{C}{L}} \quad [62]$$

de modo que la energía que se puede llevar al circuito de la antena es grande, sin perjuicio para la sintonía. Las otras antenas que tienen gran capacidad, tienen también gran radiación, pues ésta no está contrarrestada por una curva de corriente a propósito, y la superficie indicadora de la radiación, análoga a la de la figura 41, es muy grande. En estas antenas se consigue, sin embargo, disminuir la radiación, constituyendo las antenas de *amortiguamiento por radiación disminuida*, aumentando el valor de la autoinducción L que figura en la fórmula [62], por cuyo medio disminuye el valor de I_0 y con esta cantidad la energía radiada; pero así disminuye al mismo tiempo la energía que la antena puede poner en movimiento por su vibración.

Los inconvenientes de las antenas de paraguas, radican en el gran espacio que necesitan para su instalación, no siempre fácil de encontrar cuando el lugar en que la estación ha de establecerse no reúna circunstancias especiales

como suele acontecer en la cima de las alturas, instalaciones dominantes que se recomiendan, de otra parte, por lo que disminuyen la absorción de las ondas en los obstáculos que encontrarían en su camino al propagarse, si se instalaran las estaciones en el fondo de los valles.

El número de hilos de los aéreos conviene que sea lo más elevado

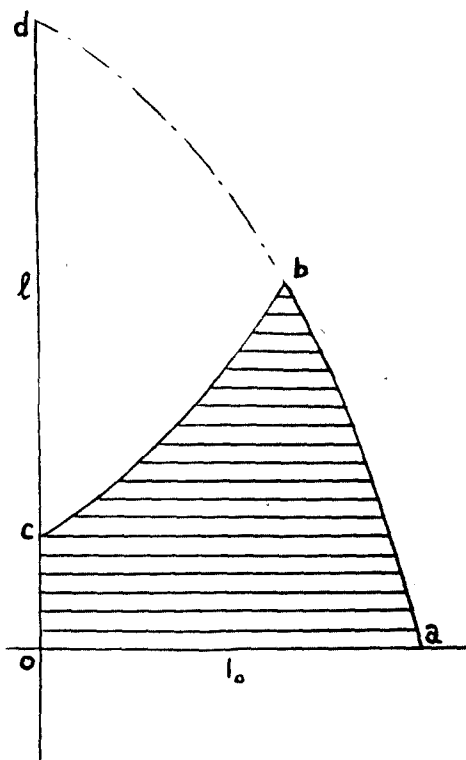


Fig. 41.

posible porque la capacidad del conjunto aumenta con ese número, aunque no proporcionalmente.

Las dificultades de instalación de la antena de paraguas, han determinado su substitución en muchos casos por la antena en *aspa*, que hoy es muy utilizada como antena de pequeña radiación. En esencia, la antena en aspa es un aéreo de paraguas, en el cual sólo quedan cuatro grupos de conductores inclinados, y éstos en proyección horizontal, siguen las direcciones de las diagonales de un rectángulo en cuyo centro se encuentra el poste portaantena. Es claro que en este aéreo desaparece la simetría, pero su radiación es poco diferente en todas direcciones.

Como ejemplo de las antenas simétricas de gran radiación, puede considerarse la llamada de *hoja horizontal*, que se obtendría sin más que situar varios postes portaantena, de tal modo, que los extremos *C* (fig. 40) de los conductores de una antena de paraguas, quedasen al mismo nivel que los puntos *B*. En la antena de *cono*, desaparece el poste central y sólo quedan los periféricos, de suerte que los hilos forman las generatrices de un cono cuyo vértice está en el suelo. Existe también la forma de *doble cono* y las *dirigidas*, de *abanico*, de *arpa*, etc., que son también de gran radiación.

2.º *Antenas dirigidas*.—Estas antenas se nombran también antenas de barco, porque la necesidad impuesta por la forma especial del lugar de la instalación, hace preciso que en los buques los conductores aéreos sean dirigidos.

En general, toda antena que no es simétrica con relación a cualquier plano vertical que pase por la estación, es un conductor aéreo dirigido, porque la igualdad de la radiación en cualquier sentido desaparece; y si se llevan a partir de un punto longitudes proporcionales a la energía recogida en las diferentes direcciones y a la misma distancia, se obtiene una curva, cuya forma es variable con la longitud a que se hace la observación, pero tiende a precisarse en una definitiva para las distancias grandes. Esta curva se nombra *característica de acción a distancia*, y en las antenas simétricas es siempre una circunferencia.

La conveniencia de la dirección de las ondas es indudable, pero todavía este problema no ha tenido solución que verdaderamente evite las pérdidas que supone la radiación en direcciones diferentes de aquélla en la cual se encuentra el receptor y que permita variar con sencillez la dirección de la transmisión.

El tipo de la antena dirigida es el *aéreo horizontal* de Marconi (fig. 42), en el cual el haz de conductores tiene una parte vertical relativamente corta *AB*, y otra horizontal larga *BC*, correspondiendo siempre el punto *A* a la tierra y el punto *C* al extremo aislado. La radiación de estas

antenas tiene lugar sobre todo en la dirección CB (sentido marcado por la flecha 1), conforme manifiesta de un modo terminante la experiencia.

Estas antenas se acomodan particularmente bien para instalarlas en los

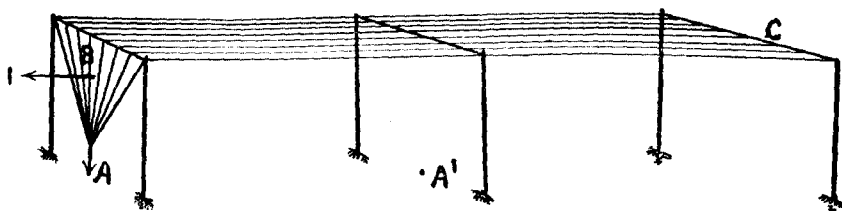


Fig. 42.

buques y entonces suelen montarse los hilos horizontales formando una T con los verticales (los hilos verticales saldrían del punto A' en la figura 42), circunstancia que modifica la radiación, que entonces es la misma en los dos sentidos contenidos en el plano vertical que pasa por CB . Las primeras estaciones trasatlánticas, instaladas por Marconi, estaban dotadas ya de las antenas horizontales de este inventor.

Otro tipo de antenas dirigidas, que puede tener gran porvenir, es el

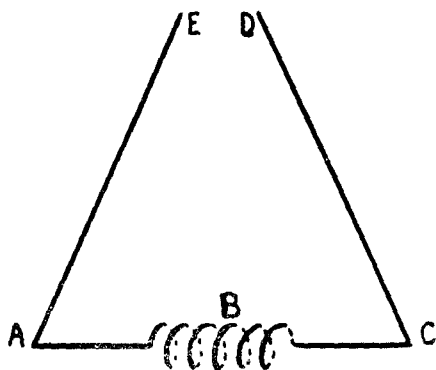


Fig. 43.

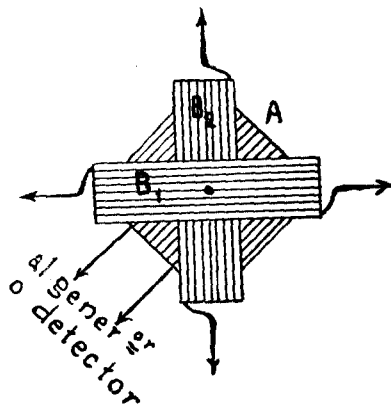


Fig. 44.

ideado por Bellini y Tossi. Constan las antenas de este tipo, en su forma actual, de cuatro haces de conductores aéreos inclinados, unidos cada dos opuestos, que están en un plano vertical, por otros horizontales. En la figura 43 se han representado dos de estos conductores inclinados y los otros dos tienen su plano normal al de éstos, cruzándose los conductores

horizontales de los dos sistemas en el punto B , medio de AC ; los puntos E y D pueden estar unidos entre sí o aislados como en la figura.

Las dos bobinas de los conductores horizontales se han representado en B_1 y B_2 en la figura 44, y tienen normales los planos de sus espiras. En el interior de tales bobinas fijas se encuentra la *móvil* A , que comunica con el generador de ondas de la estación emisora o con el receptor de la estación que recibe el despacho. La figura 45 contiene la característica de acción a distancia de este aéreo, y la propiedad fundamental del sistema, es la de que el eje de máxima radiación AB coincide en dirección con el plano de las espiras de la bobina móvil A de la figura 44. De este hecho resulta la ventaja de una facilidad extrema para cambiar la dirección de las ondas.

El aparato de la figura 44 ha sido nombrado por sus autores *compás azimutal hertziano*, y permite determinar la dirección en que se halla la estación corresponsal, dato que puede ser de interés en el caso de que ésta sea móvil.

Efecto de las bobinas y condensadores de los circuitos de antena.—Es de interés poder variar las constantes, autoinducción y capacidad, de los circuitos de antena para obtener las distintas longitudes de ondas necesarias en la práctica.

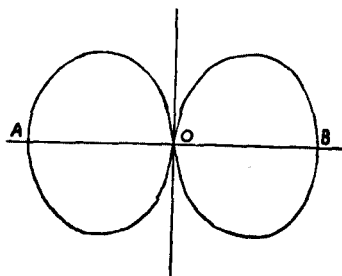


Fig. 45.

Con este objeto se emplean disposiciones sencillas: capacidades variables y bobinas cuyo número de espiras puede también alterarse; y estos elementos se establecen en serie o en derivación con el circuito de antena.

El efecto de una capacidad cuando se coloca en derivación con relación al circuito de antena, es sumarse con la capacidad de la misma antena. En cambio si los condensadores se colocan en serie, la capacidad del conjunto es igual a la inversa de la suma de las inversas de las dos capacidades componentes; es decir, que si C_1 y C_2 son respectivamente la capacidad primera y la unida en serie, será:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad [63]$$

y la capacidad resultante C , es siempre menor que cualquiera de las dos componentes.

Resulta en resumen que con una capacidad en derivación, la longitud de la onda propia, $\lambda = v T = v \times 2 \pi \sqrt{CL}$, aumenta, y también aumenta la amplitud de la corriente, según la fórmula [62], y con ella la amplitud de los vectores radiados. Si la capacidad se coloca en serie, los efectos son precisamente opuestos.

El efecto de la colocación de una bobina en serie, es el de *aumentar* la longitud de la onda λ y *disminuir* la amplitud de la corriente y con ella la radiación.

Estos medios tan sencillos prestan así una gran elasticidad al circuito de la antena para acomodarse a las distintas ondas que pueden ser necesarias para la comunicación y también a los distintos alcances.

Toma de tierra y contraantena.—Es sabido que el vientre de la corriente se encuentra en las antenas en el punto en que es nulo el potencial, que es precisamente el de la toma de tierra. Como no es siempre fácil la obtención de una buena toma de tierra en las estaciones situadas lejos de la costa, pues varía la resistencia de estas tomas según la humedad del suelo, se ha recurrido con gran frecuencia a sustituir la toma de tierra ordinaria por una disposición que consiste en conectar el extremo inferior de la antena con un sistema de hilos tendidos paralelamente al suelo, situados a poca altura formando un enrejado y aislados de aquél. Tal es en resumen una *contraantena*, sistema que suele cubrir una superficie de algunas aéreas. La contraantena tiene siempre gran capacidad.

Este elemento realiza una función que se comprende fácilmente. Si el suelo es conductor, la contraantena y la superficie del mismo que se encuentra enfrente, constituyen un gran condensador, con el aire por dieléctrico, cuya capacidad resultará en serie con la propia de la antena, de suerte que la capacidad resultante debería calcularse por la fórmula [63]. Pero si C_2 , capacidad del sistema unido, es mucho mayor que C_1 , la capacidad C es sensiblemente la misma C_1 (*) y es perfecta la unión a tierra del conjunto antena-contraantena.

Este resultado no se altera cuando el suelo no es conductor, con tal que se encuentre una capa húmeda a poca profundidad, porque entonces sólo habrá aumentado de espesor el dieléctrico del condensador que forma la contraantena con esa capa húmeda.

Si fuera grande la profundidad a que se encuentra la humedad, la contraantena resultará todavía una gran capacidad aislada al extremo del aéreo en sustitución de la toma de tierra. En este caso, el valor de la

(*) Si por ejemplo: $C_2 = 1000 C_1$, $C = \frac{1000}{1001} C_1$.

amplitud del potencial oscilatorio en los puntos muy próximos a la contraantena, dado por la ecuación

$$V_0 = I_0 \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$$

(en cuya fórmula L_1 y C_1 son la autoinducción y la capacidad de la antena por *centímetro* en esos puntos) es constantemente muy pequeño, porque C_1 tiene un gran valor y es muy pequeño el de L_1 . Es decir, que el nodo del potencial estaría sensiblemente en la misma contraantena como en los otros casos.

Disposiciones de los emisores.—Los límites que hemos impuesto a este estudio nos vedan detallar las disposiciones adoptadas. Sin embargo,

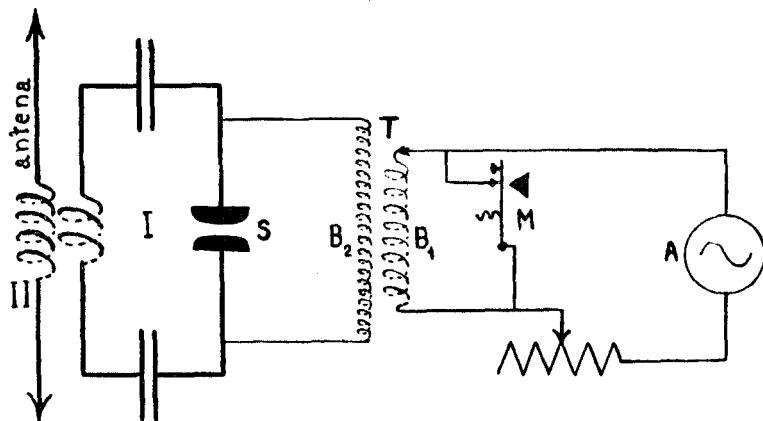


Fig. 46.

como todas ellas, a pesar de su variedad, tienen comunes gran número de caracteres, describiremos algunos en esquema.

La disposición de los circuitos de un emisor de Braun está representada en la figura 46, en la cual un *alternador* A , alimenta el primario B_1 de un transformador T , cuyo secundario B_2 es el manantial que alimenta al saltador S del circuito oscilante primario I ; éste, a su vez, está acoplado, inductivamente en el ejemplo representado, con el circuito de antena II .

El peligro de que el saltador constituya un camino directo para la descarga del secundario del transformador T , ya que una vez cebado un arco en S , la corriente subsistiría sin intervención del sistema de condensadores del circuito I , provocando un circuito corto para la máquina T ,

está evitado en la actual disposición colocando los electrodos de S a una distancia superior a la que corresponde a la f. e. m. que el secundario B_2 daría si se tuviera en cuenta tan sólo la razón de conversión $\frac{n_2}{n_1}$ entre los números de espiras de los devanados secundario y primario. El refuerzo de f. e. m. necesario para que la chispa salte, se consigue a consecuencia de la resonancia entre el periodo de la f. e. m. del generador A y las constantes del circuito secundario $B_2 S$; de tal modo, que la amplitud del potencial secundario en un periodo es mayor que la del anterior, y la curva de esa f. e. m. se podría representar como indica la figura 47, en la cual se ve ese crecimiento de la tensión por encima del valor normal, hasta que llega al valor $a b$, suficiente para vencer la rigidez dieléctrica en el saltador S de la figura 46 y provocar la descarga oscilante en el circuito I .

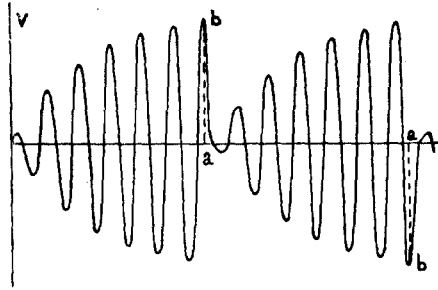


Fig. 47.

Con esta disposición resulta evitado el circuito corto del secundario,

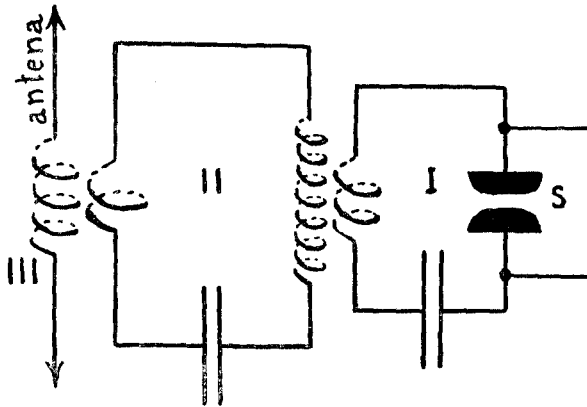


Fig. 48.

porque desaparece con gran rapidez la tensión elevada de chispa; el número de éstas, y por lo tanto el de *trenes de ondas*, es igual al de alterancias, dado por el generador, dividido por el número de las necesarias para que la tensión alcance el valor de la ordenada $a b$ en la figura 47, de modo, que se obtienen con gran facilidad las llamadas *chispas sonoras*;

por último, la relación de transformación $\frac{n_2}{n_1}$ puede ser poco elevada, condición que permite el uso de transformadores económicos.

En el circuito de baja tensión que el manipulador abre o cierra en tanto que se transmite, se tropieza con el inconveniente de tener que interrumpir un circuito de gran autoinducción en el cual circula una corriente intensa, lo que determina chispas en los contactos que los deterioran rápidamente.

Con la disposición de la figura 46 nunca se interrumpe el circuito del alternador, y el manipulador M al funcionar, deja sin corriente la bobina primaria B_1 del transformador cuando ésta resulta en circuito corto.

El sistema oscilante con sólo dos circuitos suele substituirse siempre cuando la excitación es por impulsión o de oscilaciones entretenidas, por un sistema que presenta *tres* circuitos acoplados, figura 48. En este emisor, el radiador de las oscilaciones es el conjunto de los dos circuitos *II-III*, cuyo acoplamiento es blando, y de los cuales el primero tiene un decrecimiento muy pequeño; y por la propiedad fundamental de los acoplamientos blandos, el conjunto *II-III* es *menos amortiguado* que si la antena *III* estuviera sola.

Los amortiguamientos primario y secundario en las figuras 46 y 48, serán casi iguales en el emisor de Braun que radia oscilaciones amortiguadas (en el día poco usado), y en cambio, si el emisor es de oscilaciones débilmente amortiguadas, como el de Wienn, el decrecimiento del circuito *I* en la figura 48 ha de ser mucho mayor que el del sistema *II-III*. El grado de acoplamiento entre el generador de ondas y el sistema radiador, varía también según el tipo de emisor.

La misma figura 48 podría representar un emisor de oscilaciones entretenidas engendradas por el arco cantante si la constitución de los circuitos y del saltador, tensión de alimentación, clase de corriente y acoplamiento con el sistema secundario fueran los convenientes. En estos emisores la disposición del manipulador se complica singularmente, por la necesidad de mantener fija la frecuencia, a pesar de las interrupciones impuestas por la emisión de las señales.

II.—RECEPTOR

Disposición de conjunto.—La misma antena empleada para la emisión sirve de circuito oscilante primario en el receptor. El aéreo receptor entra en vibración por la acción del campo electromagnético creado en su proximidad por la estación emisora, y esta oscilación electromagnética

se transmite mediante un acoplamiento al circuito o circuitos encargados de *hacer sensibles* las oscilaciones recibidas. Es claro que hace falta un conmutador que haga comunicar la antena con el generador de ondas cuando se transmite o con los circuitos del receptor cuando se trata de recibir un despacho.

El órgano o *célula sensible* del receptor, no tiene por ello otra misión que la de poner de manifiesto que los conductores del circuito en el cual se encuentra, han sido atravesados por una corriente oscilante de alta frecuencia. Tal elemento recibe el nombre genérico de *detector de ondas*.

La acción del detector de ondas, se manifiesta, en general, por la aparición de una corriente—*que ya no es de alta frecuencia*—en otro sistema conductor que tiene un teléfono, cuya membrana experimenta un número de vibraciones por segundo igual al de veces que el detector haya sido excitado; es decir, el mismo número de vibraciones sonoras que el de trenes de ondas llegados a la estación receptora, y el empleado percibe un sonido cuya *altura* resulta así determinada. Además, este sonido se oye en tanto que el manipulador de la estación emisora esté en su posición de trabajo; de modo que se distingue perfectamente la señal corta o *punto*, de la señal larga o *raya*, del sistema Morse de señales.

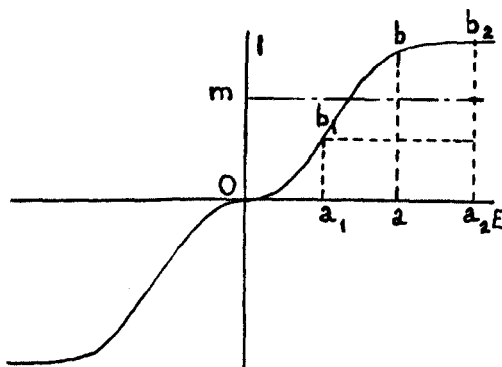


Fig. 49.

Funcionamiento de los detectores de ondas.—Los modelos de detectores utilizados en la práctica radiotelegráfica han sido muy numerosos en los primeros tiempos, y aunque su número es hoy mucho más restringido por la experiencia que elimina los sistemas menos convenientes, aún no se han fijado los tipos de aceptación indiscutida.

El modo de funcionar de la mayor parte de los detectores de ondas en uso, se puede concebir fácilmente. En efecto, *cuando se aplica a un detector de ondas una f. e. m. variable, la corriente no es proporcional a la f. e. m. aplicada*, como debiera ocurrir según la ley de Ohm. Por tanto, si en la figura 49 llevamos en abscisas las f. e. m. aplicadas y en ordenadas las corrientes a que dan origen, se obtienen curvas, que pasan por el origen y que pueden presentar dos ramas simétricas con relación al origen citado como en la figura 49, o más generalmente, dar lugar a dos ramas disimétricas y a veces a una sola rama curva (fig. 50), que se

extiende sólo en el primer cuadrante; de modo, que el detector sólo dejará pasar en el último caso las corrientes de un cierto sentido y funcionará como *rectificador de corriente* o *válvula eléctrica*.

El sistema detector D (fig. 51), se monta en un circuito oscilante CLD , que sirve de secundario al de antena, y sobre las bornas del detector se deriva el circuito telefónico DPT , que puede llevar en serie el teléfono T y la pila P en el caso de que la curva que represente la corriente a través del detector sea la de la figura 49, o sólo el teléfono T , cuando la curva sea la de la figura 50. En el primer caso, la corriente de la pila P a través del teléfono, cuando no pasen ondas por el hilo ab de la figura 51, estará representada por la ordenada constante ab de la figura 49 y la membrana telefónica tomará la posición de equilibrio que corres-

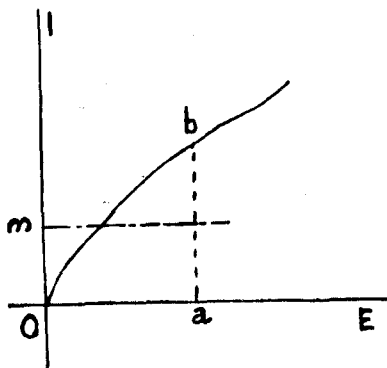


Fig. 50.

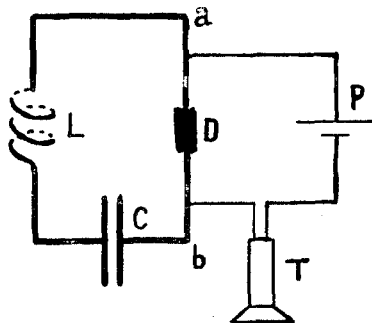


Fig. 51.

ponde a esa corriente. El paso de las ondas a través del hilo ab de la figura 51, determina que la f. e. m. aplicada a los terminales del detector oscile entre los puntos a_1 y a_2 (fig. 49), la corriente sería alternativamente igual a $a_1 b_1$ y $a_2 b_2$ y la corriente media a través del teléfono resultará igual a $O m$, *distinta de la ab primera*, a consecuencia de la curvatura de ob_2 en el punto b y la diferencia entre ab y $O m$ será tanto mayor cuanto más acentuada sea la curvatura indicada. De esto resulta que la membrana telefónica adquiere una nueva posición, que dura tanto tiempo como el tren de ondas, correspondiente a la nueva corriente $O m$, para volver al punto del equilibrio primero cuando el tren de ondas cesa, efectuando así una oscilación completa; y este hecho se repite tantas veces por segundo como trenes de ondas llegan al detector en ese tiempo.

Se deduce también de lo anterior la conveniencia de elegir la f. e. m. de la pila para que el detector funcione en el punto más favorable.

Si el detector funciona con arreglo al diagrama de la figura 50, los fenómenos son análogos, pues entonces la onda positiva de f. e. m. que alcanza al máximo Oa , produce una corriente máxima ab a través del teléfono y la corriente media Om , que moverá como antes la membrana telefónica de su posición de reposo (que corresponde a la corriente nula del principio), a la cual vuelve la citada membrana en cuanto cesa de actuar la corriente oscilatoria sobre el detector.

Las explicaciones que en la actualidad se admiten para este funcionamiento especial de los detectores no son definitivas e interesan poco por lo mismo.

Tipos de detectores.—1.º *Detector magnético de Marconi.*—Está fundado en la propiedad de que la acción de las oscilaciones sobre un núcleo

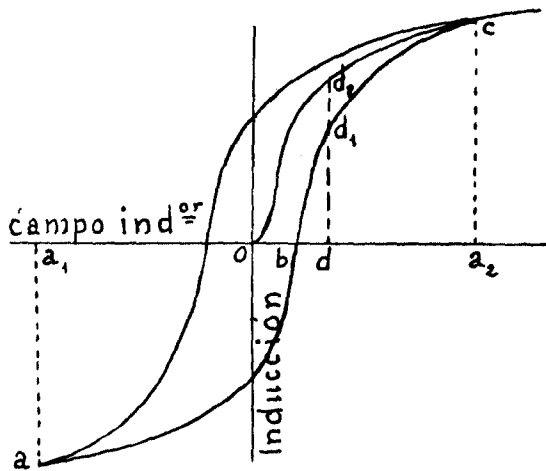


Fig. 52.

de hierro dulce, sometido por otra parte a un campo magnético variable, equivale a la *supresión de la histéresis*. Como es sabido, la histéresis magnética es causa de que si se llevan en abscisas los valores del campo inductor y en ordenadas los valores de las inducciones conseguidas en el hierro, se obtienen menores valores (curva abc de la figura 52) cuando el campo *crece* desde $-Oa_1$ hasta $+Oa_2$, que los obtenidos cuando el campo *decrece* desde Oa_2 hasta Oa_1 . Se explica que la supresión de este fenómeno en un instante determinado produzca una brusca alteración en el valor de la inducción a través del hierro, que pasaría para el instante en que la abscisa fuera igual a Od y correspondiera a la parte creciente del ciclo, desde el valor dd_1 al dd_2 , que corresponde a la curva de imanación Oc .

Basándose Marconi en esta propiedad, ha construido varios modelos de detectores de los cuales parece conservar el representado en la figura 53. Dos poleas PP , producen el movimiento de un hilo sin fin, de hierro, delante de los polos de un doble imán en herradura EE , de suerte que cada trozo del hilo de hierro está sometido sucesivamente al campo variable que encuentra en su camino y que hace que su inducción adquiera los valores sucesivos que corresponden a su ciclo de histéresis.

Este hilo de hierro forma también el núcleo de una bobina B_1 recorrida por las oscilaciones, y de otra B_2 , concéntrica con la B_1 y en serie con el teléfono T , y como por la propiedad anterior las variaciones bruscas de histéresis producidas por el paso de las ondas a través de B_1 son correlativas con variaciones del flujo magnético a través del núcleo común, se producirán corrientes inducidas en la bobina B_2 , que harán

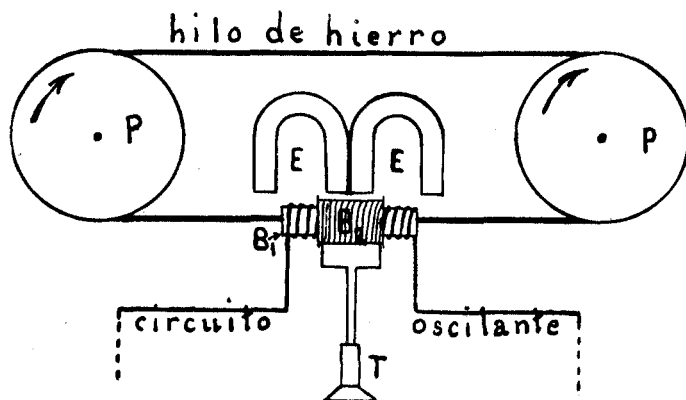


Fig. 53.

vibrar la membrana del teléfono T , y esto ocurrirá tantas veces por segundo como trenes de ondas lleguen a la estación en ese tiempo.

2.º *Detectores de cristales.*—El *perikon* de Pickard (1907) es un tipo característico de esta categoría de detectores, y de él derivan casi todos los nuevos construidos desde 1908; en la actualidad los detectores de cristales son los más extendidos.

El *perikon* está constituido por un contacto de pequeña superficie y pequeña presión (contacto imperfecto) entre dos minerales cristalizados: un cristal de calcopirita (pirita de cobre) y un cristal de cincita (óxido de cinc coloreado de rojo por el ferrato de manganeso). Los cristales se colocan en contacto por sus aristas vivas y un resorte en hélice regula la presión.

En vez de los cuerpos cristalinos indicados, se utilizan otros en gran variedad: por ejemplo, un cristal de carborundun, de pirita, de galena, etcétera, y una punta metálica.

Tienen estos detectores el inconveniente de necesitar una regulación preliminar, buscando los puntos del cristal que corresponden a la sensibilidad máxima, pues la menor separación de ese punto determina una gran pérdida de aquélla; y por lo mismo las vibraciones frecuentes son causa de avería. Es en cambio, muy económico y de fácil reparación y substitución.

Su modo de acción corresponde al diagrama de la figura 50, de forma que *funcionan sin pila*.

3.º *Detector electrolítico*.—Patentado por distintos constructores con formas muy semejantes, consta esencialmente de una ampolla pequeña aisladora llena de ácido sulfúrico diluido, figura 54, en la cual penetran dos electrodos de platino unidos a los terminales de una pila y de los cuales el positivo, muy delgado, está rodeado por un tubo de vidrio, que sólo deja asomar una punta muy fina. En tales condiciones, y cuando la f. e. m. de la pila auxiliar es la conveniente, este detector funciona con arreglo a lo que indica la figura 49.

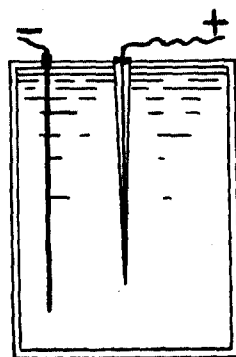


Fig. 54.

Este detector es ya muy poco usado, pues las facilidades que presentan los de cristales han determinado que sucesivamente sean substituidos los electrolíticos. Sus cualidades pueden resumirse del modo siguiente: 1.ª Su sensibilidad es tanto mayor cuanto menor es la superficie del electrodo positivo (el diámetro del hilo de platino que lo constituye suele ser de 0,03 milímetros y no sobresale de la camisa de vidrio más que una cantidad muy pequeña). 2.ª La resistencia normal es sólo de algunos milares de ohmios y decrece mucho con las oscilaciones. 3.ª El ruido del teléfono crece cuando aumenta la amplitud de las oscilaciones y es preciso evitar que esa amplitud sea excesiva, lo cual inutilizaría el detector.

4.º *Otros detectores*.—Entre los muchos detectores ensayados citaremos los *térmicos*; los llamados *cohesores de limaduras*, que al principio fueron muy utilizados y hoy están abandonados por completo; el *cohesor de mercurio* de Lodge y Muirhead, que presenta buenas cualidades y es utilizable para la *impresión* de los despachos y, por último, el *audión* de Forest y otros similares, que utilizan una lámpara de incandescencia

cuyo filamento hace de cátodo del detector y que en la actualidad parece haber sido usado con éxito en la comunicación radiotelefónica.

Dificultades para la impresión de los despachos.—Nada más fácil en teoría que substituir el teléfono de la figura 51 por un relevador, que al hacer apoyar la palanca en el tope de trabajo, cierre el circuito del electroimán de un aparato Morse ordinario. Sin embargo, en la práctica se tropieza con tales dificultades para la regulación mecánica del relevador, cuyo resorte antagonista no puede acomodarse bien a las grandes diferencias de corriente que llegan al receptor según las estaciones que transmiten y el instante en que tiene lugar la transmisión, que hoy no se utiliza más receptor que el teléfono.

Disposiciones usuales de los receptores. La disposición esquemática de

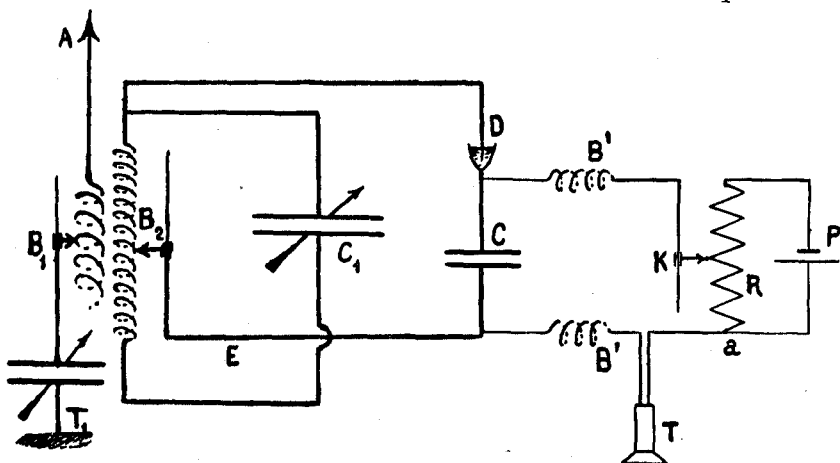


Fig. 55.

la figura 51 se completa siempre en la práctica del modo que se indica en la figura 55 para las ondas amortiguadas y que es una disposición que ha sido muy utilizada por la compañía Telefunken. El circuito de antena $A B_1 T_1$ está acoplado inductivamente con el circuito del detector $B_2 D C E B_2$, resultando el detector D derivado de una parte tan sólo de la bobina de acoplo B_2 . A su vez, el condensador C_1 , variable, queda en derivación con relación al detector.

De esta disposición resulta que, variando el número de espiras de la bobina de acoplo en serie con el detector, se aumenta o disminuye la acción de las ondas sobre este elemento. Pero el detector en general presenta un gran amortiguamiento, dada su elevada resistencia, de suerte que cuando se aumenta la acción sobre el detector se hace a costa de un

aumento del amortiguamiento, y la misión del condensador derivado C_1 no es otra que la de permitir una regulación, proporcionando a la corriente oscilante un nuevo camino, situado en paralelo con el otro, y que por esa circunstancia disminuye el amortiguamiento del sistema y permite una sintonía aguda con el transmisor.

Se debe graduar el punto de contacto B_2 y la capacidad C_1 para hallar el promedio, útil para una buena comunicación, entre el gran amortiguamiento y malas condiciones para la sintonía que resultarán de una acción excesiva de las ondas sobre el detector y el inconveniente de una excitación escasa de este órgano, que pudiera perjudicar para la percepción clara de las señales.

El circuito del teléfono se deriva del condensador C , de suerte que si el detector está excitado se cierra la corriente de la pila por el camino $K D B_2 E T R K$. La graduación de la f. e. m. de la pila se hace fácilmente por el *potenciómetro* $R P$, de suerte que la f. e. m. aplicada al detector es la que corresponde en cada instante a la resistencia variable comprendida entre los puntos a y K . Las bobinas B' , en serie con el teléfono, tienen por misión evitar que las ondas se cierren a través del circuito telefónico y el condensador C evita a su vez, que la corriente continua de la pila se gaste cuando el detector no está excitado.

Claro es que si el detector funciona sin pila, se suprime ese elemento en el circuito telefónico.

Cuando se utilizan las oscilaciones entretenidas o las poco amortiguadas en las cuales el número de trenes de ondas por segundo sea superior a algunos miles, resulta indispensable un *contacto intermitente*. En efecto, si se telegrafía una raya Morse, la primera onda excita el detector y se separa la membrana telefónica de su sitio, de modo que se oye un ruido en el teléfono y luego nada; y en tanto que la estación transmisora emite ondas, el detector queda excitado y la membrana no se mueve de la posición que tomó al llegar la primera onda: la señal oída se confundirá por ello con la del punto.

En cambio, por medio del contacto intermitente, el detector de ondas se pone alternativamente en comunicación con el circuito oscilante o queda fuera de él; la membrana telefónica se encuentra, también alternativamente, separada de su posición de equilibrio o vuelve a ella; y esto ocurre tantas veces cuantas sean las en que resulten cerrados los contactos por el interruptor intermitente; y de este modo el movimiento de la membrana telefónica tiene el mismo período que el del interruptor, y se oirá en el teléfono un sonido dependiente del número de vibraciones por segundo de la membrana, que durará en tanto que lleguen ondas al receptor; en resumen, cuando se transmite una raya, dura más tiempo el

sonido que cuando se transmite un punto y se logra la distinción de las señales,

Cuando se usa el emisor poco amortiguado antes descrito, en el cual el número de trenes de ondas por segundo está perfectamente determinado, el interruptor intermitente es supérfluo, siempre que tal número sea inferior al de vibraciones que corresponden al sonido más agudo, que es de algunos millares. En otro caso es indispensable su uso, y esto ocurre generalmente cuando se emplea la corriente continua para engendrar las ondas poco amortiguadas de un generador de Wien.

La figura 56 presenta este caso. La antena está acoplada a un secundario de muy débil amortiguamiento, y éste está acoplado a su vez con

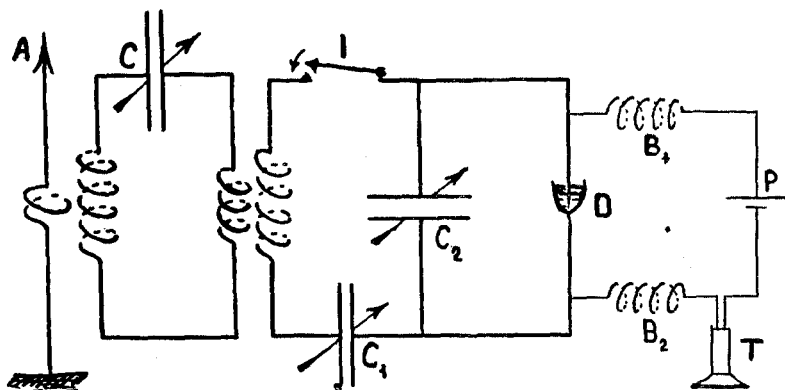


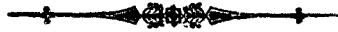
Fig. 56.

el circuito que contiene el detector D y el interruptor intermitente I . El condensador C_2 , en derivación, evita como en el caso anterior que el último circuito tenga un decrecimiento excesivo. El C_1 es el condensador encargado de que la corriente de la pila no se gaste en tanto que no está excitado el detector. El teléfono, derivado sobre el detector, está aislado de las oscilaciones por dos bobinas B_1 y B_2 , de modo que la energía de las ondas actúa enteramente sobre el detector. Se reconocen en estos órganos las funciones ya indicadas para los correlativos de la figura 55.

El interruptor vibrador I , es la parte deficiente de este sistema, aunque sea indispensable según lo explicado, porque su construcción y regulación son difíciles, y de ello resulta la gran ventaja de los emisores que evitan su empleo.

Marconi ha evitado también esta dificultad, obteniendo un número de trenes de ondas por segundo perfectamente definido, haciendo que los

electrodos del saltador del generador de ondas giren en sentidos contrarios alrededor de un eje común y dotando de salientes y entrantes a las superficies metálicas entre las que salta la chispa, de modo que la distancia entre los electrodos es alternativamente mayor y menor de la necesaria para que la descarga oscilante tenga lugar, y por tanto el número de trenes de ondas por segundo está determinado por el de veces que los salientes de los electrodos del saltador se encuentran enfrente en ese tiempo.



INDICE

Constantes físicas que intervienen en los fenómenos electromagnéticos.

	Págs.
Alcance de este trabajo.....	5
Papel de la capacidad electrostática en los fenómenos electromagnéticos....	5
Energía almacenada por unidad de volumen de un dieléctrico.....	8
Papel de la autoinducción en los fenómenos electromagnéticos.....	9
Valor de la energía magnética potencial por unidad de volumen de un medio magnético.....	12
Papel de las resistencias opuestas por los medios al paso de las corrientes en los fenómenos electromagnéticos.....	13
Corrientes de conducción y corrientes de desplazamiento.....	14
Constantes físicas determinantes de los elementos electromagnéticos periódicos.....	15
Representaciones gráficas de las magnitudes sinusoidales.....	16
Valores eficaces de las magnitudes sinusoidales.....	17
Influencia de la capacidad y de la autoinducción de los circuitos en el caso de corrientes periódicas.....	18
Alteración de las resistencias, cuando la frecuencia de la corriente es elevada.....	23

Generación de las oscilaciones electromagnéticas.

Frecuencia y longitud de onda de las oscilaciones.....	27
Medio general para engendrar las ondas electromagnéticas.....	28
Uso de las máquinas de inducción como generadores de ondas.....	28
Descargas oscilantes de los condensadores.....	28
Valores prácticos del decrecimiento.....	33
Relación entre las amplitudes del potencial y de la intensidad en la descarga oscilante.....	35
Número de descargas oscilantes.....	36
Fundamento de la transmisión con chispas sonoras.....	36
Generador de oscilaciones debilmente amortiguadas.....	37
Acoplamiento de los circuitos oscilantes.....	37
Arco cantante.....	41
Arco de Poulsen.....	43

Propagación de las oscilaciones electromagnéticas.

1.—TRANSPORTE DE LAS OSCILACIONES HASTA EL CIRCUITO DE ANTENA

Circuitos oscilantes abiertos.....	45
Leyes generales de los acoplamientos entre dos circuitos oscilantes amortiguados y acordados o en resonancia.....	46

	Págs.
1.º Influencia de los decrecimientos.....	48
2.º Influencia de la rigidez del acoplamiento.....	49
Caso en que las oscilaciones primarias sean entretenidas	51
II.—OSCILACIONES DEL CIRCUITO DE ANTENA	
Constitución de una antena.....	52
Oscilaciones de la antena simple.....	52
Relación entre la corriente y el potencial en cada punto.....	55
Relación entre la amplitud de la corriente y la del potencial.....	56
III.—PROPAGACIÓN DE LAS OSCILACIONES ELECTROMAGNÉTICAS A TRAVÉS DEL ESPACIO	
Mecanismo de esta propagación.....	57
Relación entre los vectores eléctrico y magnético en cada punto del espacio..	59
Velocidad de la propagación.....	60
Radiación de energía de las antenas.....	62
Valor de los vectores a larga distancia del oscilador..	63
Consecuencias	64
Disposiciones generales adoptadas en la práctica radiotelegráfica.	
I.—EMISORES	
Forma de las antenas.....	67
1.º Estudio de las antenas simétricas.....	67
2.º Antenas dirigidas.....	70
Efecto de las bobinas y condensadores de los circuitos de antena.....	72
Toma de tierra y contraantena.....	73
Disposiciones de los emisores.....	74
II.—RECEPTOR	
Disposición de conjunto.....	76
Funcionamiento de los detectores de ondas....	77
Tipos de detectores.....	79
1.º Detector magnético de Marconi ..	79
2.º Detectores de cristales.....	80
3.º Detector electrolítico.....	81
4.º Otros detectores.....	81
Dificultades para la impresión de los despachos.....	82
Disposiciones usuales de los receptores.....	82

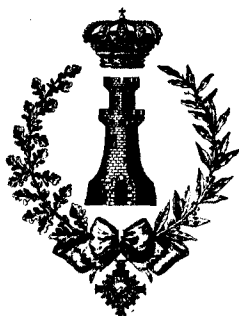
EXPLOSIVO NECESARIO PARA ROMPER UN PUENTE

FE DE ERRATAS

	Dice.	Debe decir.
Página 26, línea última..	$C = 0,000866 \ p \ l$	$C = 0,0000866 \ p \ l$
Página 29, última línea..	$C = n \ C' = \frac{A}{2e} C.$	$C = n \ C' = \frac{A}{2e} C'.$

JOSÉ MARVÁ Y MAYER
GENERAL DE DIVISIÓN

Cálculo aproximado de la cantidad
de explosivo necesario para romper
un puente en función de la luz.



Imprenta del «Memorial de Ingenieros
* del Ejército». — Madrid, 1917. *



OBJETO DEL CÁLCULO

1. Así como el simple *petardeo* de un carril, de un poste telegráfico, puede hacerse por personal indocto en ingeniería, la destrucción de las llamadas *obras de arte*, puentes, viaductos, etc., de las vías de comunicación, exige conocimientos de los que constituyen la ciencia del ingeniero. Es preciso conocer la organización de las estructuras metálicas o de madera, las constantes específicas de los materiales y el trabajo a que están sometidos los diversos elementos de la obra, para poder aplicar las cargas necesarias, sin derroche de explosivo, en las secciones de rotura más convenientes para el grado de destrucción, total o parcial, que se quiera alcanzar. Y lo mismo puede decirse con respecto a puentes y viaductos de mampostería.

Cuando el ingeniero se encuentra en presencia de la obra destinada a la destrucción, hace el cálculo de las cargas de explosivo por las dimensiones de los elementos que constituyen el puente que tiene a la vista, aplicando las fórmulas correspondientes que dan las cargas en función de las secciones transversales resistentes de las partes que hay que romper.

Pero puede suceder que desconozca esos datos, y tenga precisión de prevenirse, acopiando la cantidad de explosivo que habrá de emplear en la voladura, cuando llegue el momento de operar sobre el puente desconocido. En tal caso, le será conveniente conocer, *aproximadamente*, las cargas de rotura a fin de proveerse con tiempo de ellas. Podrá hacerlo, con *aproximación suficiente*, conociendo tan sólo un dato del problema; la luz l del puente que hay que destruir, ya sea de tramos metálicos o de madera, de vigas rectas, ya de mampostería.

El objeto de los cálculos que aparecen a continuación es el de obtener las cargas de rotura C en función de la luz l .

I.—Tramos independientes de vigas rectas. Puentes metálicos.

1.º—Rotura en el punto medio.

2. *Fundamento del cálculo.*—El cálculo aproximado de la cantidad de explosivo necesario para destruir totalmente las vigas o cuchillos de un puente metálico se fundamenta en la regla alemana de aplicar a la rotura de piezas de acero 25 gramos de explosivo por cada centímetro cuadrado de su sección transversal, en carga aplicada directamente, sin atraque. A un metro cuadrado de sección correspondería 250 kilogramos.

Llamemos

ω_1 = área, en metros cuadrados, de la sección transversal de cada uno de los cordones o largueros superior e inferior de una viga o cuchillo, en la parte llena, sin roblones, correspondiente a la sección transversal del puente por donde ha de realizarse la rotura.

ω_2 = área, también expresada en metros cuadrados, de la sección transversal vertical, llena, esto es sin orificios para roblones, de todas las barras o elementos que constituyen el alma de una viga principal o cuchillo, en la sección de rotura.

Los dos largueros de una viga principal, necesitarán, para ser rotos, $2 \times 250 \omega_1 = 500 \omega_1$; y el alma, $250 \omega_2$. En total, para las dos vigas del puente,

$$2 \times (500 \omega_1 + 250 \omega_2) \text{ kilogramos.}$$

A esta cantidad hay que añadir un 20 por 100 para la rotura de los bastidores de unión de las dos vigas, y por los petardos de enlace y comunicación de fuego de las cargas parciales, y también por el complemento de pesos unitarios de petardos de 100 gramos. Llamando C a la carga de explosivo, en kilogramos, necesaria para la rotura completa del puente en la sección transversal correspondiente a ω_1 y ω_2 , será:

$$C = 2,4 (500 \omega_1 + 250 \omega_2) \quad [1]$$

2. *Relación entre las áreas ω_1 y ω_2 y la ω y ω' resistentes deducidas del cálculo mecánico de las vigas.*—Para los efectos de la rotura por medio del explosivo, hay que tener en cuenta las áreas ω_1 y ω_2 de las secciones

llenas de los hierros roblonados, entre filas de roblones, que son las que reciben las cargas (*). Las áreas ω_1 y ω_2 están debilitadas por los taladros abiertos para el paso de los roblones; y si llamamos ω y ω' las áreas resistentes que son las que se tienen en cuenta para el cálculo mecánico de las vigas, y A el área de los huecos de los roblones, se tendrá

$$\omega_1 = \omega + A$$

$$\omega_2 = \omega' + A.$$

He aquí un cálculo aproximado de A .

En varios palastros de anchura a , cuya suma de espesores sea e , cosi-

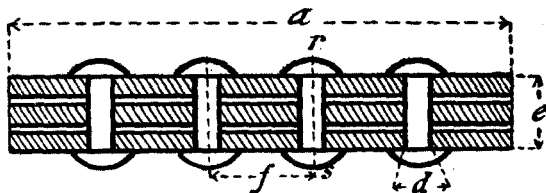


Fig. 1.

dos con roblones de diámetro d , distantes de eje a eje en la misma fila transversal la cantidad f , resulta:

$$\text{Número de roblones de una fila transversal} = \frac{a}{f}$$

$$\text{Area de cada orificio } rs \text{ de roblón} = d \cdot e$$

$$\text{Suma de todas las áreas} = A = \frac{a}{f} d \cdot e.$$

La distancia media f para los espesores e usuales en los puentes metálicos de luz media puede suponerse igual a $5d$ y entonces

$$A = \frac{a}{5d} d \cdot e = \frac{ae}{5}$$

o bien,

$$A = \frac{1}{5} \omega_1$$

(*) Si se colocan los petardos encima de las cabezas de los roblones y a distancia de la superficie de las piezas que hay que romper el efecto destructor del explosivo disminuye considerablemente.

En todas las fórmulas que dan el valor de las cargas de explosivo para la rotura se supone que éstas se aplican directamente sobre las superficie de fractura.

o lo que es lo mismo, aproximadamente,

$$\omega_1 = 1,25 \omega.$$

Y aplicando esta regla a las diversas roblonaduras de los elementos de la estructura metálica de un puente, la fórmula [1] se convierte en esta otra:

$$C = 2,4 (500 \times 1,25 \omega + 250 \times 1,25 \omega')$$

o

$$C = 2,4 (625 \omega + 312,5 \omega') \quad [2]$$

siendo ω y ω' , respectivamente, las áreas de las secciones resistentes, para los efectos del cálculo mecánico del puente, de uno de los largueros de la viga y del alma de la misma, en la sección transversal del puente en donde se quiere realizar la rotura.

Si se consigue obtener ω y ω' en función de la luz del puente, para cada una de sus variedades, se habrá conseguido también conocer la carga de explosivo C cuando sea conocida dicha luz.

3. *Vigas rectas.*—Cálculo de las cargas C en función de la luz del puente.—Llamemos:

l = luz del tramo de puente en metros,

$h = \frac{1}{m}$ de la luz l = altura de la viga recta,

M_0 = momento flector de la viga en la sección de rotura expresado en kilogrametros,

Q_0 = estuerzo cortante en dicha sección,

R = coeficiente de trabajo del metal por extensión y compresión en kilogramos por metro cuadrado,

R_1 = coeficiente de trabajo del metal por esfuerzo cortante, en kilogramos por metro cuadrado,

I = momento de inercia de la sección transversal, considerada, de la viga,

$$v = \frac{1}{2} h.$$

Recordaremos que el momento resistente, en la viga, es

$$\frac{R I}{v}$$

o, puesto que I es, muy aproximadamente, igual a $\frac{1}{2} \omega h^2$,

$$\frac{R I}{v} = R \omega h;$$

de modo que

$$R \omega h = M_0$$

y

$$R_1 \omega' = Q_0$$

$$\omega = \frac{M_0}{R h}$$

$$\omega' = \frac{Q_0}{R_1}$$

Tratándose de puentes de uno o varios tramos de vigas rectas, apoyadas en dos o más puntos, las vigas o cuchillos estén sometidas a la acción de pesos móviles que, en todo caso, pueden substituirse, aproximadamente, por sobrecargas móviles uniformemente repartidas.

Estas sobrecargas, unidas al peso propio del puente, constituyen una carga definitiva p por metro lineal de viga, para los efectos del cálculo mecánico.

Para los diversos casos,

$$M_0 = \frac{1}{n} p l^2$$

$$Q_0 = \frac{1}{r} p l.$$

La altura h de la viga recta, es cantidad variable, entre $\frac{1}{6}$ y $\frac{1}{12}$ de la luz l . En general, $h = \frac{1}{m} l$.

Se tendrá, en definitiva:

$$\omega = \frac{m}{n R} p l$$

$$\omega' = \frac{1}{r \cdot R_1} p l.$$

Y substituyendo en [2]

$$C = 2,4 \left(\frac{625 \cdot m}{n R} + \frac{312,5}{r R_1} \right) p l \quad [3]$$

Los valores de m , n y r corresponden a la disposición de cargas y apoyos de la viga; y si se obtienen los valores de p para los diversos de l , se habrá obtenido C en función de l .

C aumenta al mismo tiempo que m , de modo que cuanto menos alta sea la viga será necesaria carga mayor.

C disminuye cuando n y r aumentan, esto es, cuando los momentos flectores y esfuerzos cortantes, en la sección de rotura, sean menores; y las cargas C serán mayores para mayores valores de momento flector y esfuerzo cortante.

También, a valores mayores de los coeficientes de trabajo R y R_1 corresponden menores valores de C .

4. *Vigas rectas de tramos independientes.*—*Rotura en el punto medio.*
—Para la sección correspondiente al punto medio de las vigas,

$$M_0 = \frac{1}{8} p l^2$$

$$Q_0 = \frac{1}{8} p l (*)$$

Es decir,

$$n = 8 \qquad r = 8.$$

Aceptaremos:

$$R = 10 \times 10^6 \text{ kilogramos por metro cuadrado}$$

$$R_1 = 8 \times 10^6 \text{ kilogramos por metro cuadrado}$$

$$h = \frac{1}{8} \text{ de la luz } l, \qquad \text{o sea} \qquad m = 8.$$

(*) Corresponde al caso de que las cargas p ocupan la mitad de la luz de la viga.

La fórmula [3] se convierte en esta otra:

$$C = 2,4 \left(\frac{625}{10 \times 10^6} + \frac{312,5}{8 \times 8 \times 10^6} \right) p l \quad [4]$$

$$C = 0,000162 p l \quad [5]$$

5. *Influencia de los valores de R y R_1 .*—Los valores de R y R_1 entran en el denominador de los sumandos de la carga C , de modo que ésta aumentará o disminuirá proporcionalmente a las disminuciones o aumentos de aquellos coeficientes. Supongamos que R' y R'_1 , nuevos valores de R y R_1 , tienen con éstos la relación α , de modo que

$$R' = \alpha R \qquad R'_1 = \alpha R_1$$

C deberá ser multiplicado por $\frac{1}{\alpha}$.

Por ejemplo: si se asigna a R el valor R' de 8 kilogramos por metro cuadrado, o sea 8×10^6 por metro cuadrado, y a R_1 el $R'_1 = 6,5$ kilogramos por milímetro cuadrado, o $6,5 \times 10^6$ por metro cuadrado, la relación α vale

$$\frac{4}{5} = 0,8; \text{ y } \frac{1}{\alpha} = \frac{5}{4} = 1,25.$$

Las cargas C obtenidas por la fórmula [4] deberían ser multiplicadas por 1,25.

Como los valores de $R' = 8$, $R'_1 = 6,5$ han sido aplicados al cálculo de los puentes antiguos, podrán tenerse en consideración las modificaciones que quedan señaladas cuando se trate de puentes metálicos de carreteras. En cuanto a los de vía férrea, obsérvese que los pesos móviles, y por lo tanto los valores de p , han aumentado también, y esos aumentos se tuvieron en cuenta en los cálculos de puentes nuevos o en los de reforzamiento de los antiguos aceptando coeficientes de trabajo generalmente iguales a los que han servido de fundamento a la fórmula [5].

Quedan, pues, compensadas las variaciones de los elementos de esta fórmula, que podrá aceptarse sin modificación.

6. *Modificación de la fórmula en su aplicación a los puentes de pequeña luz.*—En la fórmula

$$\frac{R I}{v} = M_0,$$

que ha servido de fundamento a los cálculos que han conducido al valor de C (fórmula [4]) se supuso, en favor de la sencillez, que

$$I = \frac{1}{2} \omega h^2.$$

Esta igualdad es suficientemente exacta cuando la altura h de la viga es grande. El área ω'' de la sección transversal B de los palastros, escuadras y nervios del larguero puede ser substituida, sin error sensible, por la del rectángulo alargado N de área $\omega = \omega''$, a la cual se le puede aplicar el valor de $I = \frac{1}{2} \omega h^2$.

Cierto es, que al alejar del eje OO' las áreas parciales aumenta el va-

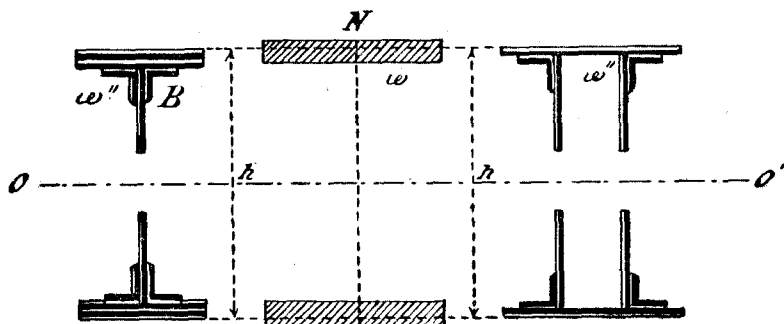


Fig. 2.

lor del momento de inercia o, lo que es lo mismo, el momento de inercia así obtenido por la expresión $\frac{1}{2} \omega h^2$ corresponde, con toda exactitud, a un valor de ω menor que el de ω'' .

Pero, como queda dicho, las diferencias son pequeñas cuando h es grande.

No sucede lo mismo para pequeños valores de h ; entonces el valor de ω puede llegar a ser bastante menor que el verdadero ω'' , o lo que es lo mismo, la carga C dada por la fórmula [4], es menor que la necesaria para la rotura.

Como se ha aceptado, como promedio, que $h = \frac{1}{8} l$, los pequeños valores de h de que hacemos mención anteriormente responden a pequeños valores de la luz l .

Para luces de 5 a 15 metros, la altura h vale solamente 0,60 a 1,90 metros.

En suma; cuando la luz es menor de 20 metros, los valores de C dados por las fórmulas [2], [3] y [4] son pequeños, porque el valor de ω (fórmula [2]) es menor que el real y efectivo. Es preciso aumentar prudencialmente ese valor, o, lo que es lo mismo, el primer sumando de la fórmula [2], afectándolo, por ejemplo, del factor 1,2 poco diferente del promedio que corresponde a los variados casos de vigas de luces menores de 20 metros.

La fórmula [3] se convertirá en la

$$C = 2,4 \left(\frac{750 \cdot m}{n R} + \frac{312,5}{r R_1} \right) p l \quad [3']$$

Y la fórmula [4], correspondiente a vigas rectas de tramos independientes de $h = \frac{1}{8} l$, para la rotura en el punto medio, será, para $l < 20$,

$$C = 2,4 \left(\frac{750}{10^7} + \frac{312,5}{8 \times 8 \times 10^6} \right) p l \quad [4']$$

$$C = 0,000192 p l \quad [6]$$

Desde $l = 20$ metros en adelante se aplicará la fórmula [5]

Vigas metálicas de pequeña luz y alma llena.—En las vigas de alma llena adóptase, generalmente, para el cálculo de ésta, un coeficiente de trabajo R_1 de 4 kilogramos por milímetro cuadrado, es decir, mitad del que se han aplicado en el segundo sumando de las fórmulas [3] y [4] el cual, por esta razón, habrá de ser multiplicado por 2. Pero además, como el alma llena es de espesor constante en toda la longitud de la viga, deberá calcularse por el esfuerzo cortante máximo, que es $\frac{1}{2} p l$; y por este concepto habrá que multiplicar por 4 dicho segundo sumando ya que se supuso anteriormente que dicho esfuerzo cortante máximo valía $\frac{1}{8} p l$.

En definitiva; será necesario, para el caso de alma llena, multiplicar por 8 el segundo sumando de la fórmula [4]; y conservando el factor 1,2 del primer sumando por razón del pequeño valor de l , se llega a la siguiente fórmula aplicable al caso de $l < 20$ metros y vigas rectas de alma llena.

$$C = 2,4 \left(\frac{750}{10^7} + \frac{312,5}{8 \times 10^6} \right) p l$$

$$C = 0,000276 p l.$$

[7]

8. *Definición de la carga p.*—La carga C viene en función de la luz l del puente y de la carga p por metro lineal de viga o cuchillo, equivalente, en cuanto a los valores del momento flector y esfuerzo cortante máximos, a las sobrecargas fijas y móviles.

El peso p por metro lineal de viga es la mitad del peso p' por metro lineal de puente. A su vez p' se compone de los dos sumandos p'' y p''' , siendo p'' el peso por metro lineal de sobrecarga uniformemente repartida equivalente a las cargas móviles y p''' el peso propio del puente por metro lineal, comprendiendo la estructura metálica y el tablero o pavimento.

Si se determinan los valores de p'' , p''' y por tanto de $p = \frac{1}{2} p' = \frac{1}{2} (p'' + p''')$, en función de la luz l , por ejemplo, $p = H l$, resultará la carga de explosivo C en función solamente de la luz l del puente. Esto es posible, como puede verse a continuación.

9. *Determinación de la carga total p por unidad de longitud de viga, en función de la luz l.*—Las vigas de un puente están sometidas a dos clases distintas de cargas:

a) Carga permanente que consiste en el peso propio de la estructura (vigas, traveseros, triangulaciones) y del pavimento, carriles y accesorios. Se expresa por un peso p''' uniforme por metro longitudinal de puente; porque, en efecto, se trata de una carga uniformemente repartida en toda su longitud.

b) Sobrecarga, que solamente actúa periódicamente y consiste en un tren o en filas de carros o camiones, o en una multitud de peatones. La sobrecarga es variable y es móvil, ocupando posiciones distintas en el puente.

a) *Peso propio.*—Puede suponerse, con suficiente aproximación, uniforme y continuo en toda la longitud del puente, a pesar de las variaciones de sección de largueros y alma de las vigas.

Tal peso es función de las dimensiones generales de la obra, de la sobrecarga, de la fuerza resistente y peso específico del material, del grado mayor o menor de seguridad y estabilidad (coeficiente de seguridad y estabilidad) que quiere concederse a la estructura; el problema encierra, pues, alguna indeterminación. No obstante esto, el examen de numerosos puentes construídos ha conducido al establecimiento de fórmu-

las que dan el valor de p''' , peso del metro lineal de puente, en función de la luz l añadiendo al peso de la estructura el del pavimento del puente, muy variable pero conocido por determinaciones directas según su naturaleza.

b) *Sobrecarga*.—La sobrecarga se substituye a veces, para los efectos del cálculo, por pesos uniformemente repartidos en toda la longitud del puente.

Por lo que respecta a la de peatones, esta equivalencia es exacta, dado que el puente, como sucede en los de carreteras, puede encontrarse lleno de aquéllos; caso, por cierto, el más desfavorable para la resistencia cuando la luz no es pequeña. Fácil es determinar el peso, uniformemente repartido, de esta sobrecarga por metro lineal de puente.

Para las sobrecargas móviles, consistentes en locomotoras y vagones, carros y camiones, ya no es el mismo caso. Las ruedas de estos vehículos, por las cuales se transmite al puente la carga, están a cierta distancia, entre ejes; y el todo, constituido por un sistema de pesos aislados de varia intensidad, puede ocupar diversas posiciones en el puente que da-

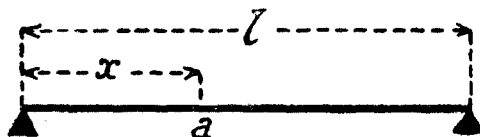


Fig. 3.

rán lugar, para una misma sección transversal de las vigas principales, a momentos flectores y esfuerzos cortantes de valor diferente.

Sin embargo, como primer tanteo en el cálculo de los puentes, se substituyen las sobrecargas variables y móviles por otras uniformemente repartidas a razón de p'' kilogramos por metro lineal de puente. A este efecto, para diversas secciones a de abscisa x se determina, gráficamente o valiéndose de las líneas de influencia, el máximo valor del momento flector y del esfuerzo cortante producidos por la situación más desfavorable de los pesos móviles, y de estos valores máximos se deducen los pesos p uniformemente repartidos que darían lugar a esos mismos valores.

En la sección a , el momento flector es

$$\frac{1}{2} p'' x (l - x).$$

Si el máximo producido por la situación más desfavorable de las cargas móviles es M_a , el valor de p'' , carga uniformemente repartida por metro lineal, equivalente, se deduciría de la ecuación

$$M_a = \frac{1}{2} p'' x (l - x),$$

y sería

$$p'' = \frac{2 M_a}{x (l - x)}.$$

Cuanto al esfuerzo cortante, de la fórmula

$$Q_0 = \frac{1}{n} p'' l$$

se hallará el valor

$$p = \frac{n Q_0}{l}.$$

En el punto medio de las vigas, por ejemplo en las de tramos independientes, llamando M_m al momento flector máximo ocasionado por las cargas móviles y determinado gráfica o analíticamente por las líneas de influencia y recordando que para una carga uniformemente repartida a razón de p'' kilogramos por metro lineal el momento flector es $\frac{1}{8} p'' l^2$, sería

$$M_m = \frac{1}{8} p'' l^2$$

$$p'' = \frac{8 M_m}{l^2}$$

De este modo se han formado tablas que dan el peso p'' por metro lineal de puente, de carga uniformemente repartida, en función de la luz l , equivalente, para los efectos de momentos flectores y esfuerzos cortantes máximos en cualquiera sección, a las sobrecargas móviles.

10. *Tablas de los valores de p , correspondientes a diversos valores de la luz l , para hacer uso de las fórmulas [5], [6] y [7] que determina la carga de*

explosivo necesario para romper, en el punto medio, los puentes metálicos de tramos independientes de vigas rectas.

Tabla número 1.—Contiene los valores de p para puentes de vía férrea de anchura normal, de simple o doble vía y luces comprendidas entre 5 y 70 metros.

En la determinación de las sobrecargas p'' se ha tenido en cuenta las más pesadas locomotoras y carruajes que hoy circulan por las líneas españolas, tomando con algún pequeño exceso, para mayor seguridad, los valores de los máximos momentos de flexión y esfuerzos cortantes empleados en el cálculo y adoptando, en favor de la sencillez, los valores de p'' mayores correspondientes a estas dos cantidades.

En el cálculo del peso p''' de la estructura metálica, se ha hecho uso, para luces de 20 metros en adelante, de las fórmulas de Résal:

$$p''' = 47 \cdot l \text{ para vía única}$$

$$p''' = 85 \cdot l \text{ para doble vía.}$$

Estas fórmulas dan pesos p''' demasiado pequeños en las luces de 5 a 20 metros y se han aumentado.

Tabla número 2.—Corresponde a los puentes metálicos de vías férreas de un metro de anchura de vía, y luces de 5 a 70 metros.

Los valores de p'' , sobrecarga uniformemente repartida por metro lineal de puente, se han deducido de los valores máximos del momento flector y esfuerzo cortante, engendrados por las cargas móviles en el punto medio de la viga, aceptando, por razón de sencillez de cálculos, como en la tabla número 1, el mayor de ellos.

Tablas números 3, 4 y 5.—Dan los valores de p para puentes metálicos de carreteras, de 5 a 60 metros de luz, anchos de 4 y 7 metros y pavimentos de madera, de empedrado o macadam de 0,20 metros de espesor.

Para el cálculo de las sobrecargas se ha tenido en cuenta el paso de grandes camiones de 16 toneladas, en el caso de luces hasta 15 metros. De 20 metros en adelante se ha tomado en cuenta el peso de multitudes a razón de 400 kilogramos por metro cuadrado de pavimento, deduciendo la sobrecarga p'' por metro lineal de puente de los máximos momentos flectores y esfuerzos cortantes correspondientes a esta distribución uniforme de pesos móviles.

Los cálculos se han hecho para las anchuras de vía de 4 y 7 metros.

El peso propio p''' se ha calculado teniendo en cuenta los dos sumandos, estructura metálica de vigas, traveseros y triangulaciones y pavi-

mento. Cuando a este último si es de madera, se le asigna 120 kilogramos por metro cuadrado. Si el pavimento fuera de macadam, de 0,20 metros de espesor o de empedrado, colocado sobre bovedillas de ladrillo de media asta, con relleno de hormigón en los tímpanos, chapeado de cemento el trasdós y recubierto de terraplén de 0,12 de espesor, el peso del metro cuadrado de pavimento sería, término medio:

Bovedilla de ladrillo, hormigón y chapa de cemento	400 kgs.
Terraplén.....	180 —
Macadam de 0,20 metros de espesor o empedrado.....	420 —
TOTAL.....	1.000 kgs. por m.²

Para pavimento de empedrado o macadam de 0,03 metros de espesor, sobre palastros combados colocados sobre viguetas metálicas, sería, como término medio:

Metal.....	170 kgs.
Macadam o empedrado.....	630 —
TOTAL.....	800 kgs. por m.²

Con estos datos, se ha formado la tabla siguiente que da los valores del peso propio, permanente, p''' por metro lineal de puente de vía de 4 y de 7 metros, que ha servido de base para la formación de las tablas números 3, 4 y 5.

Luces.	VIA DE 4 METROS					VIA DE 7 METROS				
	PESO de la estructura metálica		PESO TOTAL			PESO de la estructura metálica.		PESO TOTAL		
	Pavimento de		Pavimento de			Pavimento de		Pavimento de		
	Madera.	Macadam o empedrado.	Madera.	Macadam o empedrado.		Madera.	Macadam o empedrado.	Madera.	Macadam o empedrado.	
Metros.				Bovedilla de ladrillo.	Plancha metálica.				Bovedilla de ladrillo.	Plancha metálica.
5	500	610	980	4.610	3.870	840	1.030	1.630	8.030	6.630
10	580	720	1.060	4.720	3.920	950	1.180	1.790	8.180	6.780
15	660	840	1.140	4.840	3.800	1.060	1.340	1.900	8.340	6.940
20	750	950	1.230	4.950	3.950	1.200	1.490	2.040	8.490	7.090
25	840	1.070	1.320	5.070	4.040	1.320	1.660	2.160	8.660	7.260
30	940	1.190	1.420	5.190	4.140	1.460	1.830	2.300	8.830	7.430
35	1.040	1.310	1.520	5.310	4.240	1.610	2.000	2.450	9.000	7.600
40	1.130	1.420	1.610	5.420	4.330	1.750	2.160	2.590	9.160	7.760
50	1.360	1.670	1.840	5.660	4.560	2.090	2.500	2.930	9.500	8.100
60	1.580	1.920	2.060	5.920	4.780	240	2.850	3.260	9.850	8.450

2.º—Rotura de las vigas cerca de los apoyos.

11. Podrá objetarse que, en razón a la economía de explosivo, convendrá elegir una sección de rotura cerca de los apoyos, en la que la sección total de hierros que hay que romper sea menor. En efecto, cerca de los apoyos, van disminuyendo los momentos flectores, y por tanto las dimensiones transversales de los largueros o cordones de las vigas, si bien es cierto que, en cambio, aumentan los esfuerzos cortantes, y por tanto las secciones transversales de las barras que componen el alma, de modo que hay cierta compensación en los sumandos C' y C'' de la carga total C de explosivo.

En toda la longitud de los largueros de la viga hay un elemento cons-

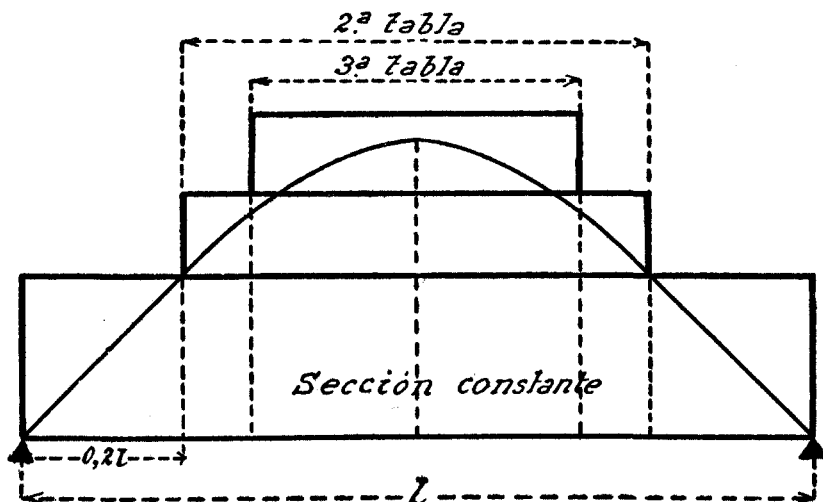


Fig. 4.

tante, compuesto de una tabla, escuadras y trozos de alma llena, necesarios para asegurar la unión de las cabezas con el alma; y desde los apoyos hacia el medio de la viga, se aumenta el número de palastros o tablas de las cabezas con arreglo a los valores de los momentos de flexión.

Resulta de aquí, que los largueros tienen, cerca de los apoyos, una sección de área mayor que la que correspondería al pequeño momento flector en estos puntos, momento que es cero en el mismo apoyo.

No es fácil determinar, en general, a qué fracción $\frac{1}{k}$ del momento

máximo flector M_0 , esto es, $\frac{1}{k} \times \frac{1}{8} p l^2$, corresponde la sección Ω constante de las cabezas de los largueros; existe mucha indeterminación en este problema. Pero no parece aventurado admitir la hipótesis de que al hacer la distribución de palastros en las cabezas de los largueros, con arreglo a los valores variables del momento flector, la parte constante sea la que próximamente corresponde al momento de flexión de la sección situada al $\frac{1}{5}$ de la luz a partir del apoyo, lo que supone tomar en consideración, para los efectos de la rotura en los apoyos, la sección de los largueros de la viga correspondiente al 0,2 de la luz l .

En la sección de la viga situada a 0,2 de la luz a partir del apoyo, el momento flector, deducido del valor general

$$\frac{1}{2} p x (l - x)$$

será, haciendo..... $x = 0,2 l$

$$M' = 0,08 p l^2.$$

Y como en el punto medio de la viga es $M_0 = \frac{1}{8} p l^2$, será

$$M' = 0,64 M_0.$$

Esta misma relación guardarán los primeros sumandos de la fórmula [4].

El esfuerzo cortante para la sección de apoyo tiene por valor $\frac{1}{2} p l$ y está, con respecto al $\frac{1}{8} p l$ del punto medio, en la relación 4 : 1; la misma que deberán tener los segundos sumandos de la fórmula [4], que se convertirá, en este caso, en la siguiente:

$$C = 2,4 \left(0,64 \times \frac{625}{10 \times 10^6} + 4 \times \frac{312,5}{8 \times 8 \times 10^6} \right) p l \quad [7]$$

o

$$C = 0,000144 p l \quad [8]$$

que comparada con la

$$C = 0,000162 \, p \, l \text{ (fórmula [5])}$$

correspondiente al punto medio está en la relación

$$C = 1,125 \, C_1$$

Resulta, en efecto, economía de explosivo al hacer la rotura en los apoyos; pero cuando se desee obtener destrucción más completa, se elegirá el punto medio y la fórmula [5] correspondiente.

En los puentes de luz menor de 20 metros y siguiendo los procedimientos explicados en los números (6) y (7) resulta. Para vigas de alma calada, multiplicando por 1,2 el primer sumando de la fórmula [7], se obtendría

$$C = 0,000159 \, p \, l.$$

Para vigas de alma llena, el segundo sumando de la fórmula [7] habrá de ser multiplicado por 2, puesto que se emplea un valor de $R_1 = 4 \times 10^6$; y sería

$$C = 2,4 \left(\frac{1,2 \times 0,64 \times 625}{10^7} + 4 \times 2 \times \frac{312,5}{8 \times 8 \times 10^6} \right) p \, l$$

$$C = 0,000205 \, p \, l$$

II.—Tramos independientes de vigas rectas.

Puentes de madera.

1.º—Rotura en el punto medio.

12. Puede hacerse, para las vigas de celosía, Howe, Pratt, etc., de madera, un cálculo semejante al empleado para las vigas metálicas, sin más diferencia que la de hacer R , coeficiente de trabajo de la madera por extensión o por compresión, igual a 600.000 kilogramos por metro cuadrado; y R_1 , coeficiente de trabajo por esfuerzo cortante, igual a 500.000 kilogramos por metro cuadrado.

Así como en los puentes metálicos las secciones transversales de las piezas se debilitan por los taladros de los pernos, las secciones transver-

sales resistentes de las piezas de un entramado de madera disminuyen en área por efecto de los taladros, rebajos y escopleaduras abiertos para el alojamiento de pernos, bridas y herrajes de toda especie.

Admitiremos, por tanto, en el cálculo de las cargas de rotura un aumento de 25 por 100 en las secciones resistentes obtenidas por el cálculo mecánico.

Y teniendo en cuenta, además, que para romper la madera se necesita un gramo de explosivo por centímetro cuadrado de escuadría de la pieza o sea 10 kilogramos por metro cuadrado, habrá que substituir, en las fórmulas [1] y [3], los factores 500 y 250, respectivamente, por 20 y 10, y resultaría:

$$C = 2,4 \left(\frac{25}{600.000} + \frac{1,25}{8 \times 500.000} \right) p l \quad [8']$$

$$C = 0,000108 p l \quad [9]$$

2.º—Rotura de las vigas en los apoyos.

13. Aplicando el razonamiento expuesto para las vigas metálicas (número 11) será necesario multiplicar los dos sumandos de la fórmula [8'] anterior, respectivamente, por 0,64 y 4 y se obtendrá

$$C = 0,000096 p l . \quad [10]$$

Del mismo modo que en los puentes metálicos (núm. 10), puede determinarse p en función de la luz l del puente. A este objeto responden las tablas 6 a 9.

14. *Tablas números 6 y 7.*—Puentes de madera para vía férrea de ancho normal y de ancho de un metro.

Para las primeras, se ha supuesto solamente la vía única, por ser caso muy raro el de doble vía.

Los pesos p'' por metro lineal de puente, correspondiente a las sobrecargas móviles, son los mismos ya calculados para los puentes metálicos.

Cuanto al peso propio de vigas y tablero, p''' por metro lineal de puente, se ha deducido del correspondiente a las estructuras metálicas multiplicándolas por el factor 1,28, por las razones que a continuación se exponen.

15. *Peso propio, por metro lineal, de un entramado de madera, deducido del correspondiente a otro entramado de acero, de iguales forma y dimensiones lineales y sometido a las mismas fuerzas exteriores.*—Siendo el mismo para ambos entramados, el diagrama de fuerzas, será igual, para una cierta barra, la fuerza F de extensión o de compresión. Llamando m y a los pesos de un metro de barra, de madera y de acero; ω y ω' las secciones transversales respectivas, expresadas en metros cuadrados; 600 y 7.800 kilogramos el peso del metro cúbico de madera y de acero, y, finalmente, 600.000 y 10.000.000 kilogramos los coeficientes de trabajo por extensión o por compresión, por metro cuadrado, de los dos materiales, se tendrá:

$$\begin{aligned} m &= 600 \, \omega & a &= 7.800 \, \omega' \\ \omega &= \frac{F}{600.000} & \omega' &= \frac{F}{10.000.000} \end{aligned}$$

o, substituyendo ω y ω' , en m y a ,

$$m = 0,001 \, F \qquad a = 0,00078 \, F.$$

Es decir, que

$$m = 1,28 \, a.$$

Esta misma relación de pesos podrá establecerse, generalizando para todas las barras del sistema, para los del peso por metro lineal de puente de madera y puente de acero, en cuanto se refiere a la estructura de vigas y triangulaciones.

16. *Tablas números 8 y 9.*—Corresponden a puentes de madera, para carreteras, de vías de 4 y 7 metros de ancho, con pavimento de madera o de macadam.

Se han determinado por el procedimiento seguido para las tablas números 6 y 7.

En puentes de madera con pavimento de macadam o empedrado se ha supuesto que éste descansa sobre plancha metálica.

III.—Vigas rectas continuas apoyadas en varias pilas.

17. Los momentos flectores y esfuerzos cortantes máximos tienen lugar en los apoyos o pilas intermedias. Si se desea romper las vigas del

puente en una sección de las pilas habrá que tener en cuenta los valores de M_0 y Q_0 en los apoyos y substituir en la fórmula [3] n y r los correspondientes a los apoyos centrales y extremos (*).

18. *Tramos intermedios.*—En general, y sin grande error ya que se trata solamente de cálculo aproximado de las cargas, y estimando que cada tramo de puente continuo entre dos pilas puede asimilarse a una pieza empotrada en los dos extremos, para los tramos intermedios

$$M_0 = \frac{1}{12} p l \quad Q_0 = \frac{1}{2} p l.$$

Y haciendo $n = 12$, $r = 2$ y $m = 8$ en la fórmula [3] se obtendrá, para la carga de rotura en la sección de las pilas

$$C = 0,000148 p l. \quad [9]$$

En la sección correspondiente al punto medio del tramo, aceptando

$$M_0 = \frac{1}{24} p l \quad Q_0 = \frac{1}{8} p l,$$

y haciendo en la fórmula [3] $n = 24$, $r = 8$, $m = 8$, se obtendría

$$C = 0,000062 p l \quad [10]$$

(*)

Cuatro puntos de apoyo.	M_0	Q_0
Apoyos centrales.....	$\frac{1}{10} p l^2$	$\frac{2}{5} p l$
Apoyos extremos.....	0	$\frac{11}{10} p l$
Cinco puntos de apoyo.		
Apoyo central.....	$\frac{1}{24} p l^2$	$\frac{13}{14} p l$
Apoyos inmediatos, 2.º y 4.º..	$\frac{3}{28} p l^2$	$\frac{16}{14} p l$
Apoyos extremos.....	0	$\frac{11}{28} p l$

19. *Tramos extremos.*—En los tramos extremos, considerados como pieza empotrada en un extremo y apoyada en el otro,

$$M_0 = \frac{1}{8} p l^2, \quad Q_0 = \frac{5}{8} p l$$

$$n = r = m = 8$$

$$C = 0,000208 p l \quad [11]$$

En el punto medio,

$$M_0 = \frac{1}{16} p l^2, \quad Q_0 = \frac{1}{8} p l$$

$$n = 16. \quad r = m = 8$$

$$C = 0,0000866 p l \quad [12]$$

Se puede, dado el carácter de estos cálculos, aplicar a las fórmulas anteriores los valores de p (tablas 1 a 5) utilizadas para las vigas rectas de tramos independientes.

20. *Cuadro resumen de las fórmulas que dan en kilogramos, las cargas C de explosivo que, aproximadamente, son necesarias para romper completamente las vigas rectas de un puente, en función de la luz l.*

1.º Vigas rectas en tramos independientes.	ROTURA EN LA SECCION	
	del punto medio.	del apoyo.
Puentes metálicos..	$l > 20 \dots \dots \dots$	$C = 0,000162 p l \quad C = 0,000144 p l$
	$l < 20 \dots \dots \dots$ { alma calada.	$C = 0,000192 p l \quad C = 0,000159 p l$
	$l < 20 \dots \dots \dots$ { alma llena..	$C = 0,000276 p l \quad C = 0,000205 p l$
Puentes de madera.....	$C = 0,000108 p l$	$C = 0,000096 p l$
2.º Vigas rectas continuas sobre varios apoyos.		
Tramos centrales.....	$C = 0,000062 p l$	$C = 0,000148 p l$
Tramos extremos,	$C = 0,000866 p l$	$C = 0,000208 p l$

21. EJEMPLOS.

1.° Puente para vía férrea de ancho normal y una sola vía.

Las vigas son de alma llena. Rotura en el punto medio. Tramo único.

$$C = 0,000276 p l.$$

$$l = 5 \text{ metros.}$$

Por la tabla número 1, a esta luz corresponde un peso por metro lineal de viga $p = 7.800$

$$C = 0,000276 \times 7.800 \times 5 = 10,80 \text{ kilogramos.}$$

Si se tratase de puente para doble vía (tabla núm. 1).

$$p = 15.550$$

$$C = 21,50 \text{ kilogramos.}$$

2.° Puente metálico de 10 metros de luz y alma llena, para carretera, ancho de 7 metros: pavimento sobre bovedilla de ladrillo y macadam. Rotura en el punto medio. Tramo único.

Tabla número 5.

$$p = 5.990$$

$$l = 10$$

$$C = 0,000276 p l = 0,000276 \times 5.990 \times 10 = 16,60 \text{ kilogramos.}$$

3.° Puente metálico de 15 metros de luz, para vía férrea de un metro de ancho. Alma calada. Vía sencilla. Rotura en el punto medio. Tramo único.

Tabla número 2.

$$l = 15$$

$$p = 3.900$$

$$C = 0,000192 p l = 11,20 \text{ kilogramos.}$$

4.° Puente metálico para vía férrea sencilla, de ancho normal. De 20 metros de luz. Rotura en el puente medio. Tramo independiente. Vigas rectas.

Tabla número 1.

$$l = 20 . m$$

$$p = 5.175$$

$$C = 0,000162 \, p \, l = 17,20 \text{ kilogramos.}$$

Rotura en un apoyo

$$C = 0,000144 \, p \, l = 0,000144 \times 5.175 \times 20 = 14,90 \text{ kilogramos.}$$

5.º Puente de madera, de 25 metros de luz, de 7 de ancho, para carretera, con pavimento de madera. Rotura en el punto medio. Tramo único, independiente.

Tabla número 8.

$$l = 25 \qquad p = 2.665$$

$$C = 0,000108 \, p \, l = 0,000108 \times 2.665 \times 25 = 7,20 \text{ kilogramos.}$$

6.º Puente de madera, de 30 metros de luz, para vía férrea doble de un metro de ancho. Rotura en el apoyo. Vigas rectas de tramos independientes.

Tabla número 7.

$$l = 30 \qquad p = 6.686$$

$$C = 0,000096 \, p \, l = 0,000096 \times 6.686 \times 30 = 19,60 \text{ kilogramos.}$$

7.º Puente metálico, de vigas rectas continuas sobre varios apoyos, para vía férrea sencilla de ancho normal.

Tabla número 1.

Tramo central de 40 metros de luz, rotura en el apoyo

$$l = 40 \qquad p = 4.705$$

$$C = 0,000148 \, p \, l = 0,000148 \times 4.705 \times 40 = 27,90 \text{ kilogramos.}$$

Tramo extremo de 25 metros de luz. Rotura en el medio

$$C = 0,0000866 \, p \, l = 0,0000866 \times 4.705 \times 25 = 10,20 \text{ kilogramos.}$$

8.º Puente metálico de vía férrea de ancho normal. Vigas rectas independientes. Una sola vía. Luz 50 metros. Rotura en el punto medio.

Tabla número 1.

$$l = 50 \qquad p = 4.675$$

$$C = 0,000162 p l = 0,000162 \times 4,675 \times 50 = 37,90 \text{ kilogramos.}$$

Rotura en el apoyo, vía doble;

$$l = 50 \qquad p = 9.125$$

$$C = 0,000144 p l = 0,000144 \times 9.125 \times 50 = 65,70 \text{ kilogramos.}$$

9.º Puente metálico para carretera, de 60 metros de luz. Pavimento de macadam sobre plancha metálica. Ancho del puente 7 metros. Vigas rectas de tramo independiente. Rotura en el punto medio.

Tabla número 4.

$$l = 60 m \qquad p = 6.325$$

$$C = 0,000162 p l = 0,000162 \times 6.325 \times 60 = 61,50 \text{ kilogramos.}$$

IV.—Puentes de mampostería.

Voladura de un arco por medio de cargas situadas en el chapeado del trasdós, en la línea de claves.—Cálculo de las cargas en función de la luz l del arco.

1.º—Cargas concentradas en varios hornillos.

22. Le supone que se hace uso de cargas concentradas, en n hornillos, empotradas en el chapeado del trasdós en la clave, con atraque exterior, de longitud no menor que el grueso de la bóveda.

Llamando e al espesor de la bóveda en la clave, y C' a la carga en kilogramos de cada hornillo, supondremos que los embudos han de ser tangentes, esto es, que las cargas concentradas C' están colocadas, en la línea del trasdós de la clave, a una distancia $2e$. Si se representa por A la longitud de la bóveda, el número n de hornillos o cargas concentradas C' , será

$$n = \frac{A}{2e}$$

y la cantidad total de explosivo,

$$C = n C' = \frac{A}{2e} C'.$$

El espesor e en la clave puede determinarse en función de la luz l del arco, para los de medio punto y los rebajados en grado diverso; de modo que conocidos el ancho A del puente y la luz l de los arcos y por tanto el espesor e en la clave, se podrá obtener la carga C' de cada hornillo y la carga total.

Para el cálculo de cada carga concentrada parcial C' se aplicará la fórmula

$$C' = e^3 \cdot c \cdot d \quad [1]$$

en la que

e = espesor de la bóveda = radio del embudo

c = coeficiente correspondiente al material = $5 \times 1,3$ (*)

d = coeficiente de atraque = 1,4 (**)

de modo que

$$C' = 9,1 e^3 \text{ kilogramos} \quad [3]$$

Teniendo en cuenta que el elemento más pequeño de carga es el petardo de 100 gramos, se tomará, siempre, la cifra de las décimas solamente, forzando la unidad.

Para los puentes de carretera, puede hacerse uso de las fórmulas

$$e = 0,15 + 0,15 \sqrt{l} \text{ en arcos de medio punto}$$

$$e = 0,15 + 0,15 \sqrt{2r} \text{ en arcos rebajados al } \frac{1}{4}; \text{ siendo}$$

r el radio de intradós, e igual a $0,625 l$.

En los puentes de vía férrea

$$e = 0,20 + 0,17 \sqrt{l} \text{ para los arcos de medio punto}$$

(*) c depende del espesor e . Como los valores de e de las tablas son menores de 1,20 y en general están comprendidos entre 0,50 y 1 metro, se puede aceptar el coeficiente 5, correspondiente a sólida mampostería, multiplicado por 1,3 por estar las dovelas sometidas a fuertes presiones.

(**) Es el que corresponde a la naturaleza y espesor del atraque.

$e = 0,15 + 0,17 \sqrt{2r}$ para los rebajados al $\frac{1}{4}$; siendo

$r = \text{radio de intradós} = 0,625 l$.

Cuando las bóvedas soportan sobrecarga de s metros de espesor de tierra, el espesor e en la clave habrá de aumentarse:

para $s = 2$ metros 4 centímetros

para $s = 3$ metros 6 centímetros

para $s = 4$ metros 8 centímetros

23. Las tablas números 10 y 11 están formadas empleando las fórmulas precedentes. El número n de hornillos tiene que ser entero, se aceptará el inmediato superior al fraccionario que resulte del uso de las tablas.

EJEMPLOS:

1.º Bóveda de medio punto, de 10 metros de luz para puente de carretera de 8 metros de ancho.

$$l = 10 \qquad A = 8 \qquad e = 0,66 \text{ metros.}$$

Carga de cada hornillo $C' = 2,70$.

Número de hornillos $n = 0,75 A = 6$.

Carga total $C' = 6 \times 2,70 = 16,20$ kilogramos.

2.º Bóveda rebajada al $\frac{1}{4}$ en puente de vía férrea, de 25 metros de luz y ancho de 10 metros.

$$l = 25 \qquad A = 10 \qquad e = 1,10 \text{ metros.}$$

$$C' = 12,10 \text{ kilogramos} \qquad n = 0,45 A = 5 \qquad C = 5 \times 12,10 =$$

$$= 60,50 \text{ kilogramos.}$$

2.º—Cargas lineales situadas en toda la longitud del trasdós en la clave.—Carga por metro lineal.

24. Se ha hecho uso de la fórmula

$$C' = e^3 . c . d$$

o

$$C' = 9,1 e^3$$

teniendo e , c y d la representación y valores del caso anterior.

Con esa fórmula se ha formado la tabla número 11.

El atraque, lineal también, no ha de ser de menor altura que e .

La tabla número 12 contiene los valores de las cargas para diversas luces.



V.—Tablas de valores de p en función de l

TABLA NÚM. 1.

Puentes metálicos para vías férreas de ancho normal.

Cargas estáticas equivalentes, aproximadamente, a sobrecargas móviles y peso de las vigas y tablero.

Luces. — <i>Metros.</i>	PESOS POR METRO LINEAL DE PUENTE, EN KILOGRAMOS						Pesos por metro lineal de viga, en kilogramos $p = \frac{1}{2} p'$	
	Peso por la sobrecarga: p''		Peso propio de vigas y tablero: p'''		Peso total $p' = p'' + p'''$		Una vía.	Doble vía.
	Una vía.	Doble vía.	Una vía.	Doble vía.	Una vía.	Doble vía.		
5	15.000	30.000	600	1.100	15.600	31.100	7.800	15.550
10	12.000	24.000	780	1.350	12.780	25.380	6.390	12.690
20	9.250	18.500	1.100	1.980	10.350	20.480	5.175	10.240
30	8.300	16.600	1.410	2.550	9.710	19.150	4.850	9.575
40	7.530	15.060	1.880	3.400	9.410	18.460	4.705	9.230
50	7.000	14.000	2.350	4.250	9.350	18.250	4.675	9.125
60	6.500	13.000	2.820	5.100	9.320	18.100	4.660	9.050
70	5.960	11.920	3.290	5.950	9.250	17.870	4.625	8.985

TABLA NÚM. 2.

Puentes metálicos para vía férrea de 1 metro de ancho.

Cargas estáticas equivalentes, aproximadamente, a sobrecargas móviles y peso de vigas y tablero.

Luces. — Metros.	PESOS POR METRO LINEAL DE PUENTE, EN KILOGRAMOS.						Peso por metro lineal de viga en kilogramos $p = \frac{1}{2} p'$	
	Peso por la sobrecarga p''		Peso propio p''' de vigas y tablero.		Peso total $p' = p'' + p'''$		Una vía.	Doble vía.
	Una vía.	Doble vía.	Una vía.	Doble vía.	Una vía.	Doble vía.		
5	12.000	24.000	600	985	12.600	24.985	6.300	12.492
10	8.000	16.000	700	1.220	8.700	17.220	4.350	8.610
15	6.800	13.600	800	1.420	7.800	15.020	3.900	7.510
20	5.800	11.600	900	1.620	6.700	13.220	3.350	6.610
25	5.475	10.950	1.075	2.000	6.550	12.950	3.275	6.475
30	5.150	10.300	1.250	2.400	6.400	12.700	3.200	6.350
35	4.850	9.700	1.370	2.600	6.220	12.320	3.110	6.160
40	4.740	9.480	1.462	2.820	6.202	12.300	3.101	6.150
45	4.645	9.290	1.550	2.950	6.190	12.240	3.095	6.120
50	4.550	9.100	1.630	3.100	6.180	12.200	3.090	6.100
60	4.210	8.420	1.750	3.465	5.960	11.885	2.980	5.942
70	4.000	8.000	1.810	3.800	5.810	11.800	2.905	5.950

TABLA NÚM. 3.

Puentes metálicos para carreteras.

PAVIMENTO DE MADERA

Cargas estáticas equivalentes, aproximadamente, a sobrecargas móviles, peso de la estructura metálica y pavimento.

Luces. — Metros.	PESOS POR METRO LINEAL DE PUENTE, EN KILOGRAMOS						Peso por metro lineal de viga en kilogramos: $p = \frac{1}{2} p'$.	
	Peso por la sobrecarga p''		Peso propio, p''' de vigas y pavimento.		Peso total $p' = p'' + p'''$.		Vía de 4 m.	Vía de 7 m.
	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.		
5	3.400	4.500	980	1.680	4.380	6.180	2.190	3.090
10	2.600	3.800	1.060	1.790	3.660	5.590	1.830	2.795
15	1.900	3.000	1.140	1.900	3.040	4.900	1.520	2.450
20	1.600	2.800	1.230	2.040	2.830	4.840	1.415	2.420
25	1.600	2.800	1.320	2.160	2.920	4.960	1.460	2.480
30	1.600	2.800	1.420	2.300	3.020	5.100	1.510	2.550
35	1.600	2.800	1.520	2.450	3.120	5.250	1.560	2.625
40	1.600	2.800	1.610	2.590	3.210	5.390	1.605	2.695
50	1.600	2.800	1.840	2.930	3.440	5.730	1.720	2.865
60	1.600	2.800	2.060	3.260	3.660	6.060	1.830	3.030

PARA ROMPER UN PUENTE

TABLA NÚM. 4.

Puentes metálicos para carretera.

PAVIMENTO DE MACADAM DE 0,20 METROS DE ESPESOR, O DE EMPEDRADO SOBRE BOVEDILLAS DE LADRILLO

Cargas estáticas equivalentes, aproximadamente, a sobrecargas móviles y peso de la estructura metálica y pavimento.

Luces. — Metros.	PESOS POR METRO LINEAL DE PUENTE, EN KILOGRAMOS						Peso por metro lineal de viga en kilogramos.	
	Peso por la sobrecarga: p''		Peso propio p''' de vigas y pavimento.		Peso total $p' = p'' + p'''$		$p = \frac{1}{2} p'$	
	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.	Vía de 4 metros.	Vía de 7 metros.
5	3.400	4.500	4.610	8.030	8.010	12.530	4.005	6.260
10	2.600	3.800	4.720	8.120	7.320	11.980	3.660	5.990
15	1.900	3.000	4.600	8.340	6.500	11.340	3.250	5.620
20	1.600	2.800	4.750	8.490	6.350	11.290	3.175	5.645
25	1.600	2.800	4.840	8.660	6.440	11.460	3.220	5.730
30	1.600	2.800	4.940	8.830	6.540	11.630	3.270	5.815
35	1.600	2.800	5.040	9.000	6.640	11.800	3.320	5.900
40	1.600	2.800	5.130	9.160	6.730	11.960	3.365	5.980
50	1.600	2.800	5.360	9.500	6.960	12.300	3.480	6.150
60	1.600	2.800	5.580	9.850	7.180	12.650	3.560	6.325

TABLA NÚM. 5.

Puentes metálicos para carretera.

PAVIMENTO DE MACADAM DE 0,20 METROS DE ESPESOR, O DE EMPEDRADO, SOBRE PLANCHA METÁLICA.

Cargas estáticas equivalentes, aproximadamente, a sobrecargas móviles, peso de la estructura metálica y pavimento.

Luces. — Metros.	PESOS EN KILOGRAMOS POR METRO LINEAL DE PUENTE						Peso por metro lineal de viga en kilogramos. $p = \frac{1}{2} p'$	
	Peso de la sobrecarga p''		Peso propio p''' de vigas y pavimento.		Peso total $p' = p'' + p'''$		Vía de 4 m.	Vía de 7 m.
	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.		
5	3.400	4.500	3.870	6.630	7.270	11.130	3.635	5.565
10	2.600	3.800	3.920	6.780	6.520	10.580	3.260	5.290
15	1.900	3.000	3.800	6.940	5.700	9.940	2.850	4.970
20	1.600	2.800	3.950	7.090	5.550	8.890	2.775	4.945
25	1.600	2.800	3.040	7.260	5.640	10.060	2.820	5.030
30	1.600	2.800	4.140	7.430	5.740	10.230	2.870	5.115
35	1.600	2.800	4.240	7.600	5.840	10.400	2.920	5.200
40	1.600	2.800	4.330	7.760	5.930	10.560	2.965	5.280
50	1.600	2.800	4.560	8.100	6.160	10.900	3.080	5.450
60	1.600	2.800	4.780	8.450	6.380	11.250	3.190	5.625

TABLA NÚM. 6.

Puentes de madera para una sola vía férrea de ancho normal.

Cargas estáticas equivalentes, aproximadamente, a sobrecargas móviles y peso de vigas y tablero.

Luces. — <i>Metros.</i>	PESOS POR METRO LINEAL DE PUENTE, EN KILOGRAMOS			Peso por metro lineal de viga en kilogramos: $p = \frac{1}{2} p'.$
	Peso por la sobrecarga p''	Peso propio p''' de vigas y tablero.	Peso total $p' = p'' + p'''$.	
5	15.000 (*)	768 (**)	15.768	7.884
10	12.000	998	12.998	6.499
20	9.250	1.408	10.658	5.329
30	8.300	1.804	10.104	5.052
40	7.530	2.396	9.926	4.963
50	7.000	3.000	10.000	5.000
60	6.500	3.609	10.109	5.054

(*) Las cifras de los valores de p''' se han obtenido multiplicando por 1,28 los de la tabla núm. 1, columna 4.^a, correspondientes a la estructura metálica del puente de una sola vía normal.

(**) Son los mismos valores de la columna 2.^a de la tabla núm. 1 correspondientes a sobrecargas en puentes de vía férrea de una sola vía.

TABLA NÚM. 7.

Puentes de madera para vía férrea de un metro de ancho.

Cargas estáticas equivalentes, aproximadamente, a sobrecargas móviles y peso de vigas y tablero.

Luces. — Metros.	PESOS POR METRO LINEAL DE PUENTE, EN KILOGRAMOS						Peso por metro lineal de viga, en kilogramos. $p = \frac{1}{2} p'$	
	Peso por la sobrecarga p''		Peso propio p''' de vigas y tablero.		Peso total $p' = p'' + p'''$		Una vía.	Doble vía.
	Una vía.	Doble vía.	Una vía.	Doble vía.	Una vía.	Doble vía.		
5	12.000	24.000	768 (*)	1.260 (*)	12.768	25.260	6 334	12.130
10	8.000	16.000	896	1.561	8.896	17.561	4.448	8.780
15	6 800	13.600	1.026	1.817	7.826	15.417	3.913	7.718
20	5.800	11 600	1.152	2.073	6.952	13.673	3.476	6.836
25	5 475	10.950	1.376	2.560	6.851	13.510	3.425	6.755
30	5.150	10.300	1.600	3.072	6.750	13.372	3.375	6.686
35	4.850	9.700	1.753	3.200	6.603	12.900	3.301	6.450
40	4.740	9.480	1.871	3.589	6.611	13.069	3.305	6.534
50	4.550	9.100	2.086	4.121	6.636	13.221	3 818	6.610

(*) Los valores de p''' se han obtenido multiplicando por 1.23 los de las columnas 4.^a y 5.^a de la tabla número 2, correspondientes a la estructura metálica del puente, de una o dos vías, de ancho de vía de 1 metro.

—

TABLA NÚM. 8

Puentes de madera para carreteras.

PAVIMENTO DE MADERA

Cargas estáticas equivalentes, aproximadamente, a sobrecargas móviles, peso de la estructura de madera y pavimento.

Luces. — <i>Metros.</i>	PESOS POR METRO LINEAL DE PUENTE EN KILOGRAMOS						Peso por metro lineal de viga en kilogramos	
	Pesos de la sobrecarga p''		Peso propio p''' de vigas y pavimento.		Peso total $p' = p'' + p'''$		$p = \frac{1}{2} p'$	
	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.	Vía de 4 m.	Vía de 7 m.
5	3.400	4.500	1.120	1.915	4.520	6.415	2.265	3.207
10	2.600	3.800	1.222	2.056	3.822	5.856	1.911	2.978
15	1.900	3.000	1.325	2.197	3.225	5.197	1.612	2.598
20	1.600	2.800	1.440	2.376	3.040	5.176	1.520	2.588
25	1.600	2.800	1.555	2.530	3.155	5.330	1.577	2.665
30	1.600	2.800	1.683	2.709	3.283	5.509	1.641	2.754
35	1.600	2.800	1.811	2.902	3.411	5.702	1.705	2.851
40	1.600	2.800	1.926	3.086	3.526	5.886	1.763	2.443
50	1.600	2.800	2.221	3.515	3.821	6.315	1.910	3.152
60	1.600	2.800	2.502	3.938	4.102	6.738	2.051	3.369

TABLA. NÚM 9.

Puentes de madera para cerreteras.

PAVIMENTO DE EMPEDRADO O MACADAM DE 0,20 METROS DE ESPESOR, SOBRE PLANCHA METÁLICA

Cargas estáticas equivalentes, aproximadamente, a sobrecargas móviles; peso de la estructura de madera y pavimento.

Luces. — Metros.	PESOS EN KILOGRAMOS POR METRO LINEAL DE PUENTE						Peso en kilogramos por metro lineal de viga $p = \frac{1}{2} p'$.	
	Peso de la sobrecarga p'		Peso propio p'' de vigas y pavimento.		Peso total $p' = p'' + p'''$.		Via de 4 m.	Via de 7 m.
	Via de 4 m.	Via de 7 m.	Via de 4 m.	Via de 7 m.	Via de 4 m.	Via de 7 m.		
5	3.400	4.500	3.980	6.918	7.380	11.418	3.690	5.709
10	2.600	3.800	4.121	7.110	6.721	10.910	3.360	5.455
15	1.900	3.000	4.275	7.315	6.175	10.315	3.087	5.157
20	1.600	2.800	4.416	7.507	6.016	10.307	3.008	5.153
25	1.600	2.800	4.570	7.724	6.170	10.524	3.085	5.262
30	1.600	2.800	4.723	7.942	6.323	10.742	3.161	5.371
35	1.600	2.800	4.870	8.160	6.470	10.960	3.235	5.470
40	1.600	2.800	5.017	8.364	6.617	11.164	3.308	5.582
50	1.600	2.800	5.267	8.800	6.867	11.600	3.433	5.800
60	1.600	2.800	5.657	9.248	7.257	12.048	3.628	6.024

TABLA NÚM. 10 (*)

Puentes de mampostería para carretera.

Cargas de explosivo adosadas al trasdós, en la clave, con atraque.

Luces. <i>l</i> Metros.	BÓVEDAS DE MEDIO PUNTO			BÓVEDAS REBAJADAS A $\frac{1}{4}$		
	<i>e</i> Metros.	<i>C'</i> Kilogramos.	<i>n</i>	<i>e</i> Metros.	<i>C</i> Kilogramos.	<i>n</i>
4	0,45		1,11 A	0,49	1,00	1,02 A
5	0,49	1,10	1,02 A	0,52	1,30	0,96 A
6	0,49	1,10	1,02 A	0,56	1,70	0,89 A
8	0,58	1,80	0,86 A	0,62	2,20	0,80 A
10	0,66	2,70	0,75 A	0,67	2,82	0,75 A
12	0,68	2,90	0,73 A	0,73	3,60	0,68 A
14	0,71	3,50	0,70 A	0,80	4,30	0,62 A
15	0,73	3,60	0,68 A	0,80	4,70	0,62 A
16	0,75	3,90	0,66 A	0,82	5,00	0,61 A
18	0,79	4,50	0,63 A	0,85	5,60	0,58 A
20	0,82	5,00	0,61 A	0,92	6,80	0,54 A
22	0,85	5,60	0,59 A	0,93	7,30	0,51 A
24	0,88	6,20	0,56 A	0,97	8,20	0,51 A
25	0,90	6,70	0,55 A	1,00	9,10	0,50 A
26	0,91	6,90	0,54 A	1,01	9,40	0,49 A
28	0,94	7,60	0,53 A	1,04	10,20	0,48 A
30	0,96	8,00	0,52 A	1,10	12,80	0,45 A

(*) *e* = espesor de la bóveda.*l* = luz de la misma.*C'* = carga de explosivo de un hornillo.*n* = número de hornillos en función del ancho *A* del puente.

TABLA NÚM. 11 (*)

Puentes de mampostería para vía férrea.

Cargas de explosivo adosadas al trasdós, en la clave, con atraque.

Luces. <i>l</i> Metros.	BÓVEDAS DE MEDIO PUNTO			BÓVEDAS REBAJADAS A $\frac{1}{4}$		
	<i>e</i> Metros.	<i>C</i> Kilogramos.	<i>n</i>	<i>e</i> Metros.	<i>C</i> Kilogramos.	<i>n</i>
4	0,53	1,40	0,94 A	0,53	1,40	0,94 A
5	0,58	1,73	0,86 A	0,58	1,73	0,86 A
6	0,61	2,10	0,82 A	0,62	2,30	0,80 A
8	0,68	2,90	0,73 A	0,69	3,00	0,73 A
10	0,74	3,70	0,67 A	0,80	3,82	0,66 A
12	0,79	4,50	0,63 A	0,81	4,90	0,61 A
14	0,83	5,20	0,61 A	0,86	5,90	0,58 A
15	0,86	5,90	0,58 A	0,89	6,40	0,56 A
16	0,88	6,20	0,56 A	0,91	6,90	0,54 A
18	0,92	7,10	0,54 A	0,96	8,50	0,52 A
20	0,96	8,00	0,52 A	1,00	9,10	0,50 A
22	1,00	9,10	0,50 A	1,03	10,00	0,48 A
24	1,03	10,00	0,48 A	1,07	11,10	0,46 A
25	1,05	10,60	0,47 A	1,10	12,10	0,45 A
26	1,06	11,90	0,46 A	1,12	12,80	0,44 A
28	1,10	12,10	0,45 A	1,15	13,90	0,43 A
30	1,13	13,10	0,44 A	1,20	15,80	0,41 A

(*) *e* = espesor en la clave.*l* = luz de la bóveda.*C* = carga de explosivo de un hornillo.*n* = número de hornillos en función del ancho A del puente.

TABLA NÚM. 12.

Puentes de mampostería.

Cargas de explosivos por metro lineal, adosadas al trasdós en la clave, con atraque.

Luces. <i>l</i> Metros.	PUENTES DE CARRETERA				PUENTES DE VÍA FÉRREA			
	Bóvedas de medio punto.		Bóvedas rebajadas a $\frac{1}{4}$		Bóvedas de medio punto.		Bóvedas rebajadas a $\frac{1}{4}$	
	<i>e</i> Metros.	<i>C'</i> por m. l. Kgs.	<i>e</i> Metros.	<i>C'</i> por m. l. Kgs.	<i>e</i> Metros.	<i>C'</i> por m. l. Kgs.	<i>e</i> Metros.	<i>C'</i> por m. l. Kgs.
4	0,45	1,90	0,49	2,20	0,53	2,60	0,53	2,80
5	0,49	2,20	0,52	2,50	0,58	3,10	0,58	3,10
6	0,50	2,30	0,56	2,90	0,61	3,40	0,62	3,50
8	0,58	3,10	0,62	3,50	0,68	4,20	0,69	4,40
10	0,67	4,10	0,68	4,20	0,74	4,00	0,75	5,10
12	0,68	4,20	0,73	4,90	0,79	5,70	0,81	6,00
14	0,71	4,60	0,80	5,90	0,83	6,30	0,83	6,80
15	0,73	4,90	0,80	6,00	0,86	6,80	0,89	7,20
16	0,75	5,10	0,82	6,10	0,88	7,00	0,91	7,60
18	0,79	5,70	0,85	6,60	0,92	7,80	0,96	8,40
20	0,82	6,10	0,90	7,40	0,96	8,40	1	9,10
22	0,85	6,60	0,93	7,90	1,00	9,10	1,03	9,70
24	0,88	7,00	0,97	8,60	1,03	9,70	1,07	10,40
25	0,90	7,40	1	9,10	1,05	10,00	1,10	11,00
26	0,91	7,60	1,01	9,30	1,06	10,20	1,12	11,40
28	0,94	8,00	1,10	11,00	1,10	11,00	1,15	12
30	0,96	8,40	1,11	11,10	1,13	11,70	1,20	13,10

e = espesor en la clave.

l = luz de la bóveda.

C' = Carga de explosivo, en kilogramos, por metro lineal de la línea de clave.

INDICE

OBJETO DEL CALCULO

I.—Tramos independientes de vigas rectas. Puentes metálicos.

	Págs.
Objeto del cálculo.....	5
1.º—Rotura en el punto medio.....	6
Rotura en el punto medio. Fundamento del cálculo.....	6
Relación entre las áreas ω_1 y ω_2 y las ω , ω' , resistentes deducidas del cálculo mecánico de las vigas.....	6
Vigas rectas. Cálculo de las cargas C en función de la luz del puente.....	8
Influencia de los valores de R y R_1	11
Modificación de las fórmulas en su aplicación a los puentes de pequeña luz..	11
Vigas metálicas de pequeña luz y alma llena.....	13
Definición de la carga p	13
Determinación de la carga total p por unidad de longitud de viga en función de la luz l	14
Tablas de los valores de p . Formación.....	16
2.º—Rotura de las vigas en los apoyos.....	20

II.—Tramos independientes de vigas rectas. Puentes de madera.

1.º—Rotura en el punto medio.....	22
2.º—Rotura de las vigas en los apoyos.....	23
Tablas de los valores de p	23
Peso propio, por metro lineal, de un entramado de madera, deducido del de otro igual de acero sometido a las mismas fuerzas exteriores.....	24

III.—Vigas rectas continuas apoyadas en varias pilas.

Tramos intermedios.....	25
Tramos extremos.....	26
Cuadro resumen de las fórmulas que dan, en kilogramos, las cargas C de explosivo.....	26
Ejemplos.....	27

IV.—Puentes de mampostería.

Voladura de un arco por medio de cargas situadas en el chapeado del trasdós, en la línea de clave.—Cálculo de las cargas, en función de la luz l del arco.

	Págs.
1.º—Cargas concentradas en varios hornillos.....	29
2.º—Cargas lineales situadas en toda la longitud del trasdós en la clave.....	32

V.—Tablas.

Cargas estáticas equivalentes, aproximadamente, a sobrecargas móviles y peso de vigas y tablero.....	35
Número 1.—Puentes metálicos. Vía férrea de ancho normal.....	35
— 2.—Puentes metálicos para vía férrea de un metro de ancho.....	36
— 3.—Puentes metálicos para carretera, con pavimento de madera....	37
— 4.—Puentes metálicos para carretera, con pavimento de empedrado o de macadam de 0,20 metros de espesor sobre bovedillas de ladrillo.....	38
— 5.—Puentes metálicos para carretera con pavimento de empedrado o de macadam de 0,20 metros de espesor sobre plancha metálica.	39
— 6.—Puentes de madera para una sola vía férrea de ancho normal...	40
— 7.—Puentes de madera para simple y doble vía férrea de un metro de ancho.....	41
— 8.—Puentes de madera para carretera, de vías de 4 y 7 metros y pavimento de madera.....	42
— 9.—Puentes de madera para carretera, de vías de 4 y 7 metros y pavimento de empedrado o de macadam de 0,20 de espesor, sobre plancha metálica.....	43
Cargas de explosivo necesarias para la voladura de puentes de mampostería, de arcos de medio punto o rebajados al $\frac{1}{4}$	44
Número 10.—Puentes de carretera. Cargas concentradas.....	44
— 11.—Puentes de vía férrea. Cargas concentradas.....	45
— 12.—Puentes de carretera y vía férrea. Cargas lineales.....	46



